



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111867754 B

(45) 授权公告日 2022. 10. 28

(21) 申请号 201880091414.6

(22) 申请日 2018.02.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111867754 A

(43) 申请公布日 2020.10.30

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.09.17

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2018/054179 2018.02.20

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/161886 EN 2019.08.29

(73) 专利权人 SLM方案集团股份有限公司
地址 德国吕贝克

(72) 发明人 丹尼尔·布吕克

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270

专利代理师 张辛睿 李雪

(51) Int.Cl.

B22F 10/28 (2021.01)

B23K 15/00 (2006.01)

B23K 26/04 (2014.01)

G05B 19/4099 (2006.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

B33Y 50/02 (2015.01)

B29C 64/277 (2017.01)

B29C 64/268 (2017.01)

H01J 37/317 (2006.01)

G05B 19/401 (2006.01)

审查员 班乐

权利要求书4页 说明书15页 附图6页

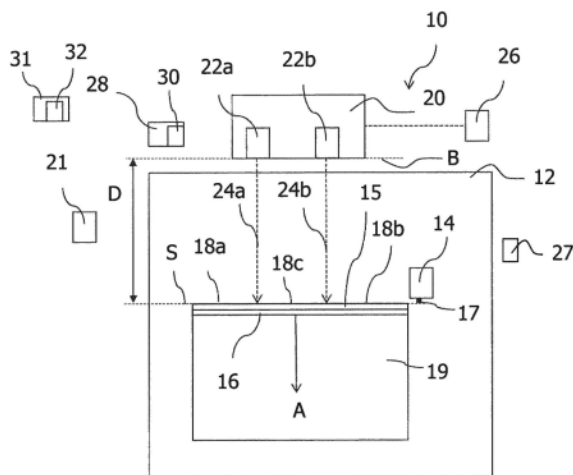
(54) 发明名称

用于使多束照射系统对准的方法

(57) 摘要

一种用于使多束照射系统(20)对准的方法,该多束照射系统被用在用于通过以电磁或粒子辐射照射原料粉末层来生产三维工件的设备(10)中,该方法包括以下步骤:i)将第一原料粉末层施加到载架(16)上,以限定出要被由照射系统(20)发射的辐射束(24a,24b)照射的照射平面(S);ii)使用由照射系统(20)的经校准的第一照射单元(22a)发射的第一辐射束(24a)在第一原料粉末层中并在照射平面(S)的重叠区域(18c)中生产第一测试结构(34);iii)使用由照射系统(20)的经校准的第二照射单元(22b)发射的第二辐射束(24b)在第一原料粉末层中并在照射平面(S)的重叠区域(18c)中生产第二测试结构(36);iv)确定第一测试结构和第二测试结构(34,36)之间在照射平面(S)中的偏移(dx_t,dy_t);以及v)基于所确定的第一测试结构和第二测试结构(34,36)之间的偏移(dx_t,dy_t),使经校准的第一照射单元和第二照射单元(22a,22b)中的至少一

个对准,使得偏移不超过阈值。



1. 一种操作用于通过以电磁辐射或粒子辐射照射原料粉末层来生产三维工件的设备(10)的方法,其特征在于,所述设备(10)配备有多束照射系统(20),所述方法包括以下步骤:

i) 将第一原料粉末层施加到载架(16)上,以限定出要被由照射系统(20)发射的辐射束照射的照射平面(S);

ii) 使用由所述照射系统(20)的经校准的第一照射单元(22a)发射的第一辐射束(24a)在所述第一原料粉末层中的所述照射平面(S)的重叠区域(18c)中产生第一测试结构(34);

iii) 使用由所述照射系统(20)的经校准的第二照射单元(22b)发射的第二辐射束(24b)在所述第一原料粉末层中的所述照射平面(S)的重叠区域(18c)中产生第二测试结构(36);

iv) 在所述照射平面(S)中确定所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)之间的偏移(dx_t, dy_t);

v) 基于所确定的所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)之间的偏移(dx_t, dy_t),使经校准的所述第一照射单元(22a)和所述第二照射单元(22b)中的至少一个对准,使得所述偏移不超过阈值;

vi) 将另外的原料粉末层施加到所述载架(16)上,并且用由经校准并对准的所述第一照射单元(22a)和所述第二照射单元(22b)发射的第一辐射束(24a)和第二辐射束(24b)照射所述原料粉末层,以便产生三维工件,同时保持束发射平面(B)和所述照射平面(S)之间的恒定距离(D),其中,为了保持所述束发射平面(B)和所述照射平面(S)之间的恒定距离(D),将被构造成将原料粉末层施加到所述载架(16)上的粉末施加装置(14)相对于所述束发射平面(B)合适地定位,其中,对所述粉末施加装置(14)的定位借助于定位工具(27)来实现,所述定位工具被配置成使得能够将所述粉末施加装置(14)相对于所述束发射平面(B)定位。

2. 根据权利要求1所述的方法,

其中,在进行步骤iv)和v)之前重复执行步骤i)以及步骤ii)和iii)中的至少一个,以便产生多层的第一测试结构(34)和多层的第二测试结构(36)中的至少一个。

3. 根据权利要求1所述的方法,

其中,产生多个第一测试结构(34)和多个第二测试结构(36)。

4. 根据权利要求1所述的方法,

其中,所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)在以下期间被产生:

- 在所述设备(10)的对准操作期间,所述对准操作与用于产生三维工件的设备(10)的正常操作分开进行,和/或

- 在用于产生三维工件的所述设备(10)的正常操作期间。

5. 根据权利要求1所述的方法,

其中,所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)以以下形式被产生:

- 块状部件的形式,所述块状部件被连接到基板上,和/或包括与同时产生的三维工件的层数相对应的层数,或

- 损失的部件的形式,所述损失的部件与基板分开地形成,且包括比同时产生的三维工件的层数少的层数。

6. 根据权利要求5所述的方法，

其中，当所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)以所述损失的部件的形式产生时，所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)的至少一个层与所述三维工件的在距所述载架(16)一距离处构建的中间层共平面地布置。

7. 根据权利要求1所述的方法，

其中，在以下时间确定所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)之间的偏移 (dx_t, dy_t) ：

- 在完成产生所述第一测试结构(34)和第二测试结构(36)之后，和/或
- 在产生所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)期间。

8. 根据权利要求1所述的方法，

其中，借助于光学测量装置来确定所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)之间的偏移 (dx_t, dy_t) ，所述光学测量装置形成了熔池监测系统(28)的部件或层控制系统(31)的部件。

9. 根据权利要求8所述的方法，

其中，所述光学测量装置被设计成高温检测装置的形式，所述高温检测装置被配置为检测热辐射并输出指示所检测到的热辐射的强度的强度值。

10. 根据权利要求8所述的方法，

其中，确定所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)之间的偏移 (dx_t, dy_t) 包括：

- 在完成所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)的层之后，用由所述第一照射单元(22a)和所述第二照射单元(22b)中的至少一个发射的测试辐射束来对所述照射平面(S)的包含所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)的区域进行扫描；

- 借助于所述光学测量装置来监测所述测试辐射束与所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)或与包围所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)的原料粉末的相互作用；以及

- 基于所述测试辐射束与所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)以及与包围所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)的所述原料粉末的相互作用来确定所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)与包围所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)的所述原料粉末之间的分界的位置。

11. 根据权利要求10所述的方法，

其中，根据包括多个第一扫描矢量以及多个第二扫描矢量的图案，用所述测试辐射束对所述照射平面(S)的包含所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)的区域进行扫描，所述多个第一扫描矢量在所述照射平面(S)内延伸，并且所述多个第二扫描矢量在所述照射平面(S)内与所述多个第一扫描矢量成垂直于所述多个第一扫描矢量的角度延伸。

12. 根据权利要求11所述的方法，

其中，所述多个第一扫描矢量和/或所述多个第二扫描矢量中的平行扫描矢量是单向的。

13. 根据权利要求10所述的方法，

其中，用所述测试辐射束以一扫描速度和/或束功率来对所述照射平面(S)的包含所述

第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)的区域进行扫描,所述束功率和/或扫描速度低于所述第一辐射束(24a)和/或所述第二辐射束(24b)在产生所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)期间的束功率和/或扫描速度。

14. 根据权利要求9所述的方法,

其中,确定所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)之间的偏移(dx_t, dy_t)包括:

- 在完成所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)的层之后,捕获所述照射平面(S)的二维图像;以及

- 基于所捕获的所述照射平面(S)的二维图像,确定所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)与包围所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)的原料粉末之间的分界的位置。

15. 根据权利要求1所述的方法,

其中,基于所确定的所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)之间的偏移(dx_t, dy_t),使经校准的所述第一照射单元(22a)和所述第二照射单元(22b)中的至少一个对准,使得在以下时间中,所述偏移不超过阈值:

- 在完成产生所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)之后,和/或

- 在产生第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)期间。

16. 根据权利要求1所述的方法,

其中,产生所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)以使得所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)被成形和布置成当所述第一照射单元(22a)和所述第二照射单元(22b)对准时,所述第一测试结构(34)的至少一个边缘被布置成与所述第二测试结构(36)的至少一个边缘齐平。

17. 根据权利要求1所述的方法,

其中,所述第一测试结构(34)具有矩形形状,并且被产生为与也具有矩形形状的第二测试结构(36)相邻。

18. 根据权利要求1所述的方法,

其中,当所述第一照射单元(22a)和所述第二照射单元(22b)对准时,所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)为线形并且形成十字形。

19. 根据权利要求1所述的方法,

其中,所述第一测试结构(34)具有矩形形状,当所述第一照射单元(22a)和所述第二照射单元(22b)对准时,所述矩形形状配合到设置在所述第二测试结构(36)中的L形的缺口中。

20. 根据权利要求1所述的方法,

其中,所述第一测试结构(34)和所述第二测试结构(36)在共同的基底上被产生。

21. 根据权利要求1所述的方法,

其中,所述定位工具(27)被配置成使得能够以 $\pm 2\mu\text{m}$ 的精度将所述粉末施加装置(14)相对于所述束发射平面(B)定位。

22. 根据权利要求1所述的方法,

其中,所述定位工具(27)被配置成使得能够以 $\pm 1\mu\text{m}$ 的精度将所述粉末施加装置(14)

相对于所述束发射平面(B)定位。

用于使多束照射系统对准的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于使多束照射系统对准的方法,该系统使用在用于通过以电磁或粒子辐射照射原料粉末层来生产三维工件的设备中。此外,本发明涉及一种用于操作用于通过以电磁或粒子辐射照射原料粉末层来生产三维工件的设备的方法,该设备配备有多束照射系统。

背景技术

[0002] 粉末床熔融是一种增材分层制造工艺 (additive layering process), 通过该工艺, 可以将粉状原料, 特别是金属和/或陶瓷原料加工成具有复杂形状的三维工件。为此, 将原料粉末层施加到载架上, 并根据待生产的工件的期望几何形状以位置选择的方式来使该原料粉末层经受激光辐射。穿透到粉末层中的激光辐射引起对原料粉末颗粒的加热, 并因此使原料粉末颗粒熔化或烧结。然后, 将另外的原料粉末层依次施加到载架上已经经受过激光处理的层上, 直到工件具有期望的形状和尺寸为止。选择性的激光熔化或激光烧结可特别是用于基于CAD数据来生产原型、工具、替代部件或医疗假体, 例如假牙或矫形假体。

[0003] 例如, 在EP 1 793 979 B1中描述了一种用于通过粉末床熔融工艺由粉状原料生产模制体的设备。现有技术的设备包括处理腔室, 该处理腔室容纳用于要制造的成形体的多个载架。粉末层制备系统包括粉末储存器保持器, 该粉末储存器保持器可以横跨载架来回移动, 以便将要被激光束照射的原料粉末施加到载架上。处理腔室连接到保护气体回路, 该保护气体回路包括供应管线, 通过该供应管线可以将保护气体供应到处理腔室, 以便在处理腔室内建立保护气体环境。

[0004] 在EP 2 335 848 B1中描述了一种可在用于通过照射粉状原料来生产三维工件的设备中采用的示例性照射系统。该照射系统包括特别是激光源的辐射源以及光学单元。被提供由辐射源发射的辐射束的光学单元包括扩束器、扫描器单元和被设计成 $f-\theta$ 透镜形式的物镜。

[0005] 为了校准在用于通过照射粉状原料来生产三维工件的设备中采用的照射系统, 特别是光学单元, 可以将所谓的烧化箔施加到载架上, 该烧化箔在设备的正常操作期间承载要被照射的原料粉末层。然后, 根据预定图案照射烧化箔, 引起在箔上出现照射图案的烧化图像。将烧化图像数字化, 并将其与照射图案的数字参考图像进行比较。基于数字化的烧化图像与参考图像之间的比较结果, 校准照射单元, 以补偿实际的烧化图像与参考图像之间的偏差。替代性地, 如EP 3 241 668 A1中所述, 由入射到被布置在照射平面中的传感器装置上的辐射束产生的照射图案的数字图像可以用于校准照射系统。

[0006] 特别是为了生产更大的物体或为了提高生产速度, 可以采用例如在EP 2 875 897 B1或EP 2 862 651 A1中描述的多束照射系统。这些多束照射系统配备有用于发射多个辐射束的多个照射单元。每个辐射束通常在指定的专用照射区域中和在一个或多个重叠区域中工作。

[0007] 即使多束照射系统的照射单元被例如如上所述地分别地校准, 在一个或多个重叠

区域中由照射系统发射的辐射束通常仍显示出一定的失准。特别是,在重叠区域中指向同一x-y坐标的辐射束仍可能相对于彼此偏移。该偏移可能会影响要生产的工件的质量。

[0008] EP 3 202 524 A1公开了一种用于使激光增材制造系统的一对经校准的激光器在重叠区域中对准的方法,在该重叠区域中这对经校准的激光器选择性地工作。在该方法中,在第一步骤中,单独使用这对经校准的激光器中的第一经校准的激光器在重叠区域中形成测试结构的多个第一层。在第二步骤中,单独使用这对经校准的激光器中的第二经校准的激光器在所述重叠区域中形成测试结构的多个第二层。此后,测量在测试结构的外表面中的多个第一层和多个第二层之间产生的偏移步长的尺寸,并且通过将偏移步长的尺寸作为对准修正值应用于这对经校准的激光器中的至少一个来使这对经校准的激光器对准。

发明内容

[0009] 本发明的目的是提供一种用于使多束照射系统对准的可靠且有效的方法,该多束照射系统被用在用于通过以电磁或粒子辐射照射原料粉末层来生产三维工件的设备中。此外,本发明的目的是提供一种操作用于通过以电磁或粒子辐射照射原料粉末层来生产三维工件的设备的方法,该设备配备有多束照射系统,该多束照射系统根据这种可靠且有效的对准方法来进行对准。

[0010] 这些目的通过如权利要求1所限定的用于使多束照射系统对准的方法和如权利要求19所限定的用于操作生产三维工件的设备的方法来解决。

[0011] 在用于使多束照射系统(该多束照射系统被用在用于通过以电磁或粒子辐射照射原料粉末层来生产三维工件的设备中)对准的方法中,将第一原料粉末层施加到载架上,以限定出要被由多束照射系统发射的辐射束照射的照射平面。载架可被布置在处理腔室中,该处理腔室可以相对于周围大气密封,以便能够在处理腔室内保持受控的环境,特别是惰性环境。原料粉末可以是金属粉末,但是也可以是陶瓷粉末或塑料材料粉末或包含不同材料的粉末。粉末可具有任何合适的粒径或粒径分布。然而,优选的是处理粒径小于100 μm 的粉末。

[0012] 照射平面是经受由多束照射系统发射的辐射束的原材料粉末层的平面。通常,照射平面与原料粉末层的上部表面平面重合。原料粉末层的上部表面平面相对于载架的表面平面的位置又可以取决于用于将原料粉末层施加到载架上的粉末施加装置的定位,特别是粉末施加装置的整平滑块的定位,该整平滑块用于使原料粉末层的上部表面平整和平滑。

[0013] 多束照射系统可以包括辐射源,特别是激光源,例如二极管泵浦镜光纤激光器。多束照射系统可以仅设置有一个辐射源。然而,也可以想到的是,多束照射系统配备有多个辐射源。此外,多束照射系统可以包括两个或两个以上的照射单元。每个照射单元可以包括多个光学元件,该多个光学元件包括例如用于使由辐射源发射的辐射束扩大的扩束器、扫描仪和物镜。替代性地,设置在每个照射单元中的多个光学元件可以包括扩束器,该扩束器包括聚焦光学器件和扫描仪单元。借助于扫描仪单元,可以改变和调整辐射束在光束路径方向上和垂直于光束路径的平面上的聚焦位置。扫描仪单元可以被设计为电流计扫描仪的形式,并且物镜可以是f- θ 物镜。

[0014] 在用于使多束照射系统对准的方法的另一步骤中,使用由经校准的第一照射单元发射的第一辐射束在第一原料粉末层中的照射平面的重叠区域中生产第一测试结构。此

外,使用由经校准的第二照射单元发射的第二辐射束在第一原料粉末层中的照射平面的重叠区域中生产第二测试结构。在这里,术语“重叠区域”表示照射平面的可以被第一照射单元和第二照射单元这两者的辐射束照射的区域。因此,在照射平面的由第一照射单元发射的第一辐射束和由第二照射单元发射的第二辐射束均可到达的区域中生产第一测试结构和第二测试结构。

[0015] 可以在执行用于使多束照射系统对准的方法之前,校准多束照射系统的第一照射单元和第二照射单元。此外,可以同时或一个接一个地对各个照射单元进行校准。为了校准照射单元,可以使用任何校准方法,例如涉及使用烧化箔的校准方法或在EP 3 241 668 A1中描述的校准方法,只要该校准方法适合于基本消除由照射单元发射的辐射束相对于照射平面中的设定坐标或参考图案的偏移即可。

[0016] 在下一步骤中,确定第一测试结构和第二测试结构之间在照射平面中的偏移。基本上,可以想到的是,仅在一个方向上确定第一测试结构和第二测试结构之间在照射平面内的偏移。然而,优选地,在两个方向上确定第一测试结构和第二测试结构之间在照射平面内的偏移。如果需要,例如在应该在两个方向上确定第一测试结构和第二测试结构之间在照射平面内的偏移的情况下,或者在多束照射系统包括两个以上照射单元的情况下,可以生产多对第一测试结构和第二测试结构。

[0017] 此后,基于所确定的第一测试结构和第二测试结构在照射平面中的偏移,使第一照射单元和第二照射单元中的至少一个对准。具体地,第一照射单元和第二照射单元中的至少一个以下述方式对准:使第一测试结构和第二测试结构之间在照射平面中的偏移不超过阈值,特别是减小到阈值以下。优选地,第一测试结构和第二测试结构以下述方式被成形和布置:使所确定的第一测试结构和第二测试结构之间的在照射平面中的偏移可被直接用于使第一照射单元和第二照射单元中的至少一个对准。

[0018] 在用于使多束照射系统对准的方法中,第一测试结构和第二测试结构都在第一原料粉末层中生产,即第一测试结构和第二测试结构在同一原料粉末层中生产。结果,可以同时生产第一测试结构和第二测试结构,这减少了构建测试结构所需的时间。此外,可以以低的构建高度来构建测试结构,同时仍然使得能够可靠地确定在第一照射单元和第二照射单元未对准时在照射平面中发生的第一测试结构和第二测试结构之间的偏移。

[0019] 在用于使多束照射系统对准的方法中,在确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移之前以及在使经校准的第一照射单元和第二照射单元中的至少一个对准之前,可以重复执行将原料粉末层施加到载架上的步骤以及在所施加的粉末层中生产第一测试结构和在所施加的粉末层中生产第二测试结构中的至少一个步骤。以这种方式,可以生产多层的第一测试结构和/或多层的第二测试结构。

[0020] 在用于使多束照射系统对准的方法中,可以生产仅一个第一测试结构和仅一个第二测试结构。然而,也可以想到的是,该方法涉及生产多个第一测试结构和多个第二测试结构。可以成对地生产测试结构,其中每对测试结构包括第一测试结构和第二测试结构,例如以便在两个方向上确定第一测试结构和第二测试结构之间在照射平面内的偏移和/或以便确定多个偏移值,可以取该多个偏移值的平均值。

[0021] 可以在用于生产三维工件的设备的对准操作期间生产第一测试结构和第二测试结构。设备的对准操作可以与用于生产三维工件的设备的正常操作分开地进行,并且可以

例如在对多束照射系统的各个照射单元进行校准之后,但在用于生产三维工件的设备开始正常操作之前进行。换句话说,可以将设备的校准/对准与设备的正常操作分开,并且可以仅在完成校准/对准过程之后,才开始用于生产三维工件的设备的正常操作。然而,替代性地或此外,也可以想到的是,在用于生产三维工件的设备的正常操作期间生产第一测试结构和第二测试结构,即,可以在单个构建过程中同时生产第一测试结构和第二测试结构以及三维工件。

[0022] 第一测试结构和第二测试结构可以以块状部件的形式被生产。可以将以块状部件的形式生产的测试结构连接到基板上,该基板被布置在载架上并被随后的原料粉末层覆盖,以便在该基板上构建测试结构。此外,以块状部件的形式生产的测试结构可以包括的层的数量与同时生产的三维工件的层的数量相对应。因此,可以以对应于三维工件的构建高度的构建高度来生产呈块状部件形式的测试结构。然而,也可以想到的是,以块状部件形式生产的测试结构包括比同时生产的三维工件的层数低的层数。同样可以想到单层测试结构。在第一测试结构和第二测试结构以块状部件形式生产的情况下,可以测量测试结构的尺寸和几何形状以确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移,而为了确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移,测试结构可以保持连接到载架或基板,或者可以从载架或基板脱开。

[0023] 替代性地,第一测试结构和第二测试结构可以以损失部件的形式生产,该损失部件与基板和载架分开地形成。优选地,以损失部件的形式生产的测试结构包括比同时生产的三维工件的层数少的层数。同样可以想到单层测试结构。

[0024] 在第一测试结构和第二测试结构以损失部件的形式生产的情况下,第一测试结构和第二测试结构的至少一层可以与同时生产的三维工件的在距载架一定距离处构建的中间层共平面地布置。此外,可以想到的是,定期地、随机地或基于算法地生产测试结构层。例如,可以与在每20个工件层之后的五个工件层共平面地生产五个测试结构层。

[0025] 可以在完成第一测试结构和第二测试结构的生产之后确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移。例如,可以在完成测试结构的生产之后,借助于合适的手动测量工具来手动测量测试结构的至少一个尺寸和/或几何形状。替代性地或此外,可以例如在完成第一测试结构和第二测试结构的层之后并且在开始生产第一测试结构和第二测试结构的另外的层之前,在生产第一测试结构和第二测试结构期间确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移。

[0026] 为了确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移,可以使用光学测量装置,例如照相机或光学传感器。在用于使多束照射系统的对准的方法的特别优选的实施例中,第一测试结构和第二测试结构之间的偏移借助于光学测量装置来确定,该光学测量装置构成熔池监测系统的部件,该熔池监测系统即为用于观察在将辐射能引入原料粉末的过程中产生的熔池的系统。替代性地,用于确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移的光学测量装置可以由层控制系统的部件构成,该层控制系统即为用于监测施加在载架上的原料粉末层以便检测原料粉末层中的缺陷或不规则的系统。光学测量装置的使用使得能够在生产第一测试结构和第二测试结构期间确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移。然而,也可以想到的是,在完成第一测试结构和第二测试结构的生产之后,使用光学测量装置来手动或自动地确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移。

[0027] 用于确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移的光学测量装置可以被设计成高温检测装置的形式,该高温检测装置被配置为检测热辐射并输出指示所检测到的热辐射的强度的强度值。通常,从先前固化的测试结构表面发出的热辐射的强度与从包围已固化的测试结构的未固化的原料粉末发出的热辐射的强度不同。因此,可以基于由高温检测装置检测到的热辐射来确定测试结构与包围测试结构的原料粉末之间的分界的位置。

[0028] 为了确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移,在完成第一测试结构和第二测试结构的层之后,可以用由第一照射单元和第二照射单元中的至少一个发射的测试辐射束来扫描照射平面的包含第一测试结构和第二测试结构的区域。如果将形成熔池监测系统的部件的光学测量装置与第一照射单元和第二照射单元中的一个相关联,则只有与该光学测量装置相关联的照射单元才可以用于扫描照射平面的包含第一测试结构和第二测试结构的区域。照射平面的要被扫描的区域被设置成不仅包括由完全对准的第一照射单元和第二照射单元生产的第一测试结构和第二测试结构所预期位于其中的区域,而且还包括周围的区域,以便确保要被照射的区域还包含由于第一照射单元和第二照射单元的不对准而相对于彼此偏移的第一测试结构和第二测试结构。

[0029] 在对照射平面的包含第一测试结构和第二测试结构的区域进行扫描的期间,借助于光学测量装置来监测第一测试辐射束和第二测试辐射束中的至少一个与第一测试结构和第二测试结构或与在照射平面内包围第一测试结构和第二测试结构的原料粉末的相互作用。当第一测试辐射束和第二测试辐射束中的至少一个入射在未固化的原料粉末上时,由光学测量装置检测到的强度值通常高于当第一测试辐射束和第二测试辐射束中的至少一个入射在先前已固化的测试结构表面上时由光学测量装置检测到的强度值。

[0030] 结果,可以基于第一测试辐射束和第二测试辐射束中的至少一个与第一测试结构和第二测试结构或与包围第一测试结构和第二测试结构的原料粉末在照射平面的包含第一测试结构和第二测试结构的区域中的相互作用来确定第一测试结构和第二测试结构与包围第一测试结构和第二测试结构的原料粉末之间的分界的位置。以这种方式,同样可以检测第一测试结构和第二测试结构之间的偏移。

[0031] 优选地,根据包括多个第一扫描矢量以及多个第二扫描矢量的图案,对照射平面的包含第一测试结构和第二测试结构的区域进行扫描,该多个第一扫描矢量在照射平面内延伸,并且该多个第二扫描矢量在照射平面内与多个第一扫描矢量成一定角度地,特别是垂直于多个第一扫描矢量地延伸。扫描图案的平行的扫描矢量之间的距离应保持足够小,以使得能够准确地确定第一测试结构和第二测试结构与包围第一测试结构和第二测试结构的原料粉末之间的分界的位置。

[0032] 优选地,多个第一扫描矢量和/或多个第二扫描矢量中的平行的扫描矢量是单向的。在从原料粉末到先前已固化的测试结构表面的过渡区域中由光学测量装置,特别是熔池监测系统的高温测量装置检测到的信号与在从先前已固化的测试结构表面到原料粉末的过渡区域中由光学测量装置检测到的信号不同。如果在扫描照射平面的包含第一测试结构和第二测试结构的区域时采用单向扫描策略,则可以忽略该信号差异。

[0033] 优选地用测试辐射束以一定束功率和/或扫描速度来对照射平面的包含第一测试结构和第二测试结构的区域进行扫描,该束功率和/或扫描速度低于第一辐射束和/或第二辐射束在生产第一测试结构和第二测试结构期间的束功率和/或扫描速度。较低的束功率

和较低的扫描速度有助于区分指示测试辐射束与先前已固化的测试结构表面的相互作用的信号和指示测试辐射束与未固化的原料粉末的相互作用的信号。此外,较低的扫描速度降低了信号噪声并增加了检测到的数据量。因此,可以提高检测精度。测试辐射束的束功率也可以为零,这意味着照射平面的包含第一测试结构和第二测试结构的区域可以在不使用具有正的束功率的测试辐射束进行照射的情况下被扫描。然而,用测试辐射束以大于零的束功率照射照射平面的包含第一测试结构和第二测试结构的区域具有的优点是,待检测的热辐射信号被放大,并因此可以容易地与背景噪声区分开。

[0034] 除了使用被配置为检测由第一测试结构和第二测试结构以及周围的原料粉末发出的热辐射的光学测量装置之外或作为使用该光学测量装置的替代方案,可以想到借助于适于捕获照射平面的图像的光学测量装置来确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移。例如,用于生产三维工件的设备的层控制系统的图像采集装置可以用于该目的。

[0035] 特别地,确定第一测试结构和第二测试结构之间的偏移的步骤可以包括在完成第一测试结构和第二测试结构的层之后,捕获照射平面的图像,特别是照射平面的二维图像的步骤。所捕获的图像可以包含整个照射平面,或者可以仅包含照射平面的包含第一测试结构和第二测试结构的区域。此外,基于所捕获的照射平面的图像,借助于自动图像处理或通过手动地,即在视觉上评估所捕获的图像可以确定第一测试结构和第二测试结构与包围第一测试结构和第二测试结构的原料粉末之间的分界的位置。因此,层控制系统的图像采集装置可以包括照相机以及可选地包括图像处理系统。

[0036] 可以基于所确定的第一测试结构和第二测试结构之间的偏移来使经校准的第一照射单元和第二照射单元中的至少一个以下述方式对准:使得在完成第一测试结构和第二测试结构的生产之后,偏移不超过阈值。换句话说,可以生产第一测试结构和第二测试结构。在下一步骤中,可以测量第一测试结构和第二测试结构之间在照射平面中的偏移,并且仅在此之后,可以根据所测量的偏移来使第一照射单元和第二照射单元对准。

[0037] 然而,替代性地或此外,也可以想到的是,基于所确定的第一测试结构和第二测试结构之间的偏移使经校准的第一照射单元和第二照射单元中的至少一个以下述方式对准:使得在生产第一测试结构和第二测试结构的期间,偏移不超过阈值。例如,可以在完成第一测试结构和第二测试结构的层之后,但在产生第一测试结构和第二测试结构的另外的层之前,执行用于使第一照射单元和第二照射单元中的至少一个对准的对准步骤。如果在生产第一测试结构和第二测试结构的过程中还执行偏移确定,则在生产第一测试结构和第二测试结构的过程中,使第一照射单元和第二照射单元中的至少一个对准以补偿第一测试结构和第二测试结构之间的偏移是特别有利的。

[0038] 优选地,第一测试结构和第二测试结构被生产为被成形和布置成使得当使第一照射单元和第二照射单元对准时,第一测试结构的至少一个边缘被布置成与第二测试结构的至少一个边缘齐平。那么,第一测试结构和第二测试结构的边缘之间的偏移对应于第一辐射束和第二辐射束之间的偏移,该第一辐射束由第一照射单元发射并用于生产第一测试结构,并且该第二辐射束由第二照射单元发射并用于生产第二测试结构。

[0039] 当第一照射单元和第二照射单元对准时,彼此齐平布置的第一测试结构和第二测试结构的边缘可以例如在照射平面内平行于x方向延伸。于是,边缘之间的偏移指示第一辐射束和第二辐射束之间在照射平面内沿y方向,即在照射平面内沿垂直于x方向的方向的偏

移。相反,如果在第一照射单元和第二照射单元对准时,彼此齐平布置的第一测试结构和第二测试结构的边缘在照射平面内平行于y方向延伸,则边缘之间的偏移指示第一辐射束和第二辐射束之间在照射平面内沿x方向的偏移。为了确定第一辐射束和第二辐射束之间沿x方向和y方向的偏移,可以生产其边缘平行于x方向和y方向的测试结构或相对于彼此旋转90°的成对的测试结构。

[0040] 在一个实施例中,第一测试结构可以具有矩形形状,并且可以被生产成与也具有矩形形状的第二测试结构相邻。特别地,第一测试结构和第二测试结构可以具有一致的矩形形状,并且可以以下述方式并排布置:使得第一测试结构的边缘在照射平面内平行于x方向或y方向布置,并且使得当第一照射单元和第二照射单元对准时,第一测试结构的边缘与第二测试结构的边缘齐平。这些测试结构易于生产。此外,可以容易地确定测试结构之间的偏移。然而,如果要确定在照射平面内沿两个方向的偏移,则必须构建两对测试结构。

[0041] 替代性地,第一测试结构和第二测试结构可以基本上是线形的,并且当第一照射单元和第二照射单元对准时可以形成十字形。测试结构的这种设计使得能够借助于一对测试结构来确定照射单元的辐射束在照射平面内沿两个方向的偏移。然而,线形的测试结构难以被操纵来完成结构的构建之后手动地测量测试结构之间的偏移。因此,线形的测试结构优选地被用于如上所述的在生产第一测试结构和第二测试结构的期间执行的偏移测量。

[0042] 在另一个实施例中,第一测试结构具有矩形形状,当第一照射单元和第二照射单元对准时,该矩形形状配合到被设置在基本为L形的第二测试结构中的缺口中。第一测试结构和第二测试结构可以被布置成彼此接触。然而,也可以想到的是,将第一测试结构和第二测试结构布置成彼此相距一定距离,以避免由于照射单元的未对准而使原料粉末区域被第一辐射束和第二辐射束同时照射。其中第一测试结构配合到被设置在基本为L形的第二测试结构中的缺口中的测试结构设计特别有利于使多束照射系统的两个以上(例如四个)的照射单元对准。例如,可以借助于照射系统来生产L形的第二测试结构,该照射系统随后被用于使其他照射系统相对于其对准的参考系统。

[0043] 在用于使多束辐射系统对准的方法的另一优选实施例中,第一测试结构和第二测试结构在共同的基底上生产。然后,测试结构可以与共同的基底一起从基板平台和/或载架分离,并且可以在例如借助于手动测量工具来测量偏移期间容易地对其操纵。

[0044] 用于操作来通过以电磁或粒子辐射照射原料粉末层来生产三维工件的、配备有多束照射系统的设备的方法包括根据如上所述的方法使设备的多束照射系统对准的步骤。然后,将另外的原料粉末层施加到载架上,并用由经校准并对准的第一照射单元和第二照射单元发射的第一辐射束和第二辐射束对该另外的原料粉末层进行照射,以便在保持束发射平面和照射平面之间的距离固定不变的同时生产三维工件。结果,不仅在单个工件的生产期间,而且在随后的生产过程期间,可以可靠地保持第一照射单元和第二照射单元的对准。这在重叠区域中也确保了待生产的工件的高质量。

[0045] 在操作来生产三维工件的设备的优选实施例中,为了保持束发射平面和照射平面之间的距离固定不变,对被构造来将原料粉末层施加到载架上的粉末施加装置相对于束发射平面进行合适的定位。特别地,粉末施加装置的用于使被施加到载架上的原料粉末层变平整的整平滑块可以相对于束发射平面被合适地定位,以便在粉末施加装置的涉

及更换粉末施加装置的整平滑块的维护后,也能确保保持束发射平面和照射平面之间的距离固定不变。

[0046] 束发射平面和照射平面之间的距离应设置得尽可能准确。因此,可以借助于定位工具来对粉末施加装置相对于束发射平面进行定位,该定位工具使得粉末施加装置能够相对于载架定位,并因此使得能够尤其以 $\pm 2\mu\text{m}$,优选为 $\pm 1\mu\text{m}$ 的精度来设定束发射平面和照射平面之间的距离。

附图说明

[0047] 现在参照示意性附图来对本发明的优选实施例进行更详细的描述,在附图中,

[0048] 图1示出了用于通过将电磁或粒子辐射选择性地照射到原料粉末上来生产三维工件的设备;

[0049] 图2a至图2e示出了由根据图1的设备的第二照射单元发射的第二辐射束和由该设备的第二照射单元发射的第二辐射束之间的偏移与束发射平面和照射平面之间的距离的依赖关系;

[0050] 图3a和图3b示出了测试结构设计的第一实施例;

[0051] 图4a和图4b示出了测试结构设计的第二实施例;

[0052] 图5a和图5b示出了测试结构设计的第三实施例;

[0053] 图6a和图6b示出了对测试结构设计的第三实施例的修改;

[0054] 图7a和图7b示出了根据图6a和图6b的测试结构设计中的第一测试结构和第二测试结构之间的偏移的手动确定;

[0055] 图8示出了用于将根据图1的设备的粉末施加装置定位成被定位在设备的构建腔室中的状态的定位工具;以及

[0056] 图9示出了借助于根据图8的定位工具对粉末施加装置14进行的定位。

具体实施方式

[0057] 图1示出了用于生产三维工件的设备10。该设备10包括处理腔室12。布置在处理腔室12中的粉末施加装置14用于将原料粉末施加到载架16上。在图1的布置中,原料粉末层15被施加到载架16上。如箭头A所示,载架16被设计成可沿垂直方向移入到构建腔室19中,使得当工件在载架16上由原料粉末被逐层构建时,随着工件的构造高度的增加,载架16可以沿垂直方向向下移动。粉末施加装置14包括整平滑块17,该整平滑块用于使被施加到载架16上的原料粉末层15平整和平滑。

[0058] 第一照射区域18a和第二照射区域18b在原料粉末层15的表面和载架16上以并排布置的方式被分别限定出,即在图1所示的设备10中,原料粉末层15和载架16的左半部分分别限定出第一照射区域18a,而原料粉末层15和载架16的右半部分分别限定出第二照射区域18b。在第一照射区域18a和第二照射区域18b之间的边界区域中,限定出重叠区域18c。

[0059] 设备10包括照射系统20,该照射系统用于选择性地照射被施加到载架16上的原料粉末。借助于控制装置21来控制照射系统20的工作。借助于照射系统20,可以根据待生产的工件的期望的几何形状而使被施加到载架16上的原材料粉末以位置选择性的方式经受辐射。照射系统20包括第一照射单元22a和第二照射单元22b。第一照射单元22a适于用第一辐

射束24a来照射在原料粉末层15的表面上限定出的第一照射区域18a和重叠区域18c。第二照射单元22b适于用第二辐射束24b来照射在原料粉末层15的表面上限定出的第二照射区域18b和重叠区域18c。

[0060] 辐射束24a、24b离开处于束发射平面B中的第一照射单元22a和第二照射单元22b。原料粉末层15的上表面限定出照射平面S,在该照射平面中,由照射单元22a、22b发射的辐射束24a、24b入射在原料粉末上。照射平面S与束发射平面B之间的距离用D表示。如将在下面更详细地描述的,照射平面S相对于束发射平面B的位置以及因此照射平面S与束发射平面B之间的距离D取决于粉末施加装置14,特别是整平滑块17的下表面相对于束发射平面B的位置。为了根据需要而将粉末施加装置14精确地定位,因此设备10包括定位工具27,该定位工具被构造为以 $\pm 2\mu\text{m}$,特别是 $\pm 1\mu\text{m}$ 的精度对粉末施加装置14,并因此对整平滑块17的下整平表面相对于束发射平面B进行定位。定位工具27可以与设备10分开地设置,并且仅在必要时才插入到设备10的处理腔室12中。

[0061] 如图8所示,定位工具27包括两个整平板40、42,这两个整平板可被布置在照射平面S中。为了将整平板40、42定位在照射平面S中,定位工具27包括支撑结构44,该支撑结构适于跨过设备10的构建腔室19。每个整平板40、42连接到距离测量装置46、48,该距离测量装置适于测量物体到相应的整平板40、42的距离。控制杆50用于使整平板40、42在上部位置和下部位置之间降低或升高一固定的距离。

[0062] 在使用定位工具27时,将定位工具27布置在处理腔室12中,并且将整平板40、42的位置设置成使得整平板40、42被布置在照射平面S中。此后,通过致动控制杆50来降低整平板40、42,以便使得粉末施加装置14能够定位在整平板40、42上方而不会与其相撞。在粉末施加装置14到达期望的位置之后,如图9所示,整平板40、42再次升高到照射平面S中,使得整平板40、42紧靠整平滑块17的下部整平表面。此后,借助于设置在粉末施加装置14上的测微螺旋52将整平滑块17升高,直到其下部整平表面被布置在与整平板40、42相距一期望距离(例如 $200\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$)处。当设置整平滑块17的位置时,可以通过致动控制杆50来将整平板40、42再次降低,粉末施加装置14可以被移动并且定位工具27可以从处理腔室12中被移除。

[0063] 两个照射单元22a、22b均与激光束源26相关联,该激光束源例如为发射波长为约1070nm至1080nm的激光的二极管泵浦镜光纤激光器。第一照射单元22a和第二照射单元22b中的每个包括用于引导和/或处理由激光束源26发射的辐射束的光学单元,该光学单元可以例如包括用于扩大辐射束的扩束器、扫描仪和物镜。替代性地,照射单元22a、22b的光学单元可以包括扩束器,该扩束器包括聚焦光学器件和扫描仪单元。借助于扫描仪单元,可以改变和调整辐射束沿束路径的方向的聚焦位置以及辐射束在垂直于束路径的平面中的聚焦位置。扫描仪单元可以被设计成检流计扫描仪的形式,并且物镜可以是f- θ 物镜。在图1所示的设备10的实施例中,由照射单元22a、22b发射的辐射束24a、24b是激光束。

[0064] 设备10还包括熔池监测系统28,该熔池监测系统用于监测由于辐射束24a、24b与原料粉末的相互作用而产生的熔池。熔池监控系统28包括光学测量装置30,在图1所示的设备10的实施例中,该光学测量装置被设计成高温检测装置的形式。光学测量装置30被配置为接收和检测热辐射,该热辐射可以是在可见波长和/或红外波长范围内的、取决于熔池的温度而在特定波长下具有最大强度的电磁辐射,在熔池中,原料粉末被加热并熔化。基于检测到的热辐射,光学测量装置30输出指示所检测到的辐射强度的强度值。

[0065] 此外,设备10包括层控制系统31,该层控制系统用于监测被施加到载架16上的原料粉末层15,以便检测原料粉末层15中的缺陷或不规则性。层控制系统31包括光学测量装置32,在图1所示的设备10的实施例中,该光学测量装置被设计成包括照相机和图像处理系统的图像采集装置的形式。光学测量装置32,特别是光学测量装置32的照相机被配置为捕获照射平面S的二维图像。此外,光学测量装置32的图像处理系统被配置为自动地处理原料粉末层15的上表面的二维图像以检测缺陷或不规则性。作为替代性方案,可以省略图像处理系统,并且可以由设备10的操作者在视觉上评估由光学测量装置32捕获的图像。

[0066] 在图2中,图2a、图2b和图2c分别示出了照射单元22a、22b以及用于校准第一照射单元22a和第二照射单元22b的扫描场板33的示意性平面图、示意性正视图和示意性侧视图。扫描场板33的上表面限定出校准照射平面C,该校准照射平面被布置在与束发射平面B相距一限定的距离处。与照射平面S一样,校准照射平面C也包括可以被第一照射单元22a照射的第一照射区域18a、可以被第二照射单元22b照射的第二照射区域18b、以及可以被第一照射单元22a和第二照射单元22b这两者照射的重叠区域18c。

[0067] 例如如EP 3 241 668 A1中所述的,照射系统20的第一照射单元22a被以下述方式校准:使得在校准照射平面C中,由第一照射单元22a发射的第一辐射束24a相对于参考图案的偏移不超过阈值。此外,也例如如EP 3 241 668 A1中所述的,照射系统20的第二照射单元22b被以下述方式校准:使得在校准照射平面C中,由第二照射单元22b发射的第二辐射束24b相对于参考图案的偏移不超过阈值。

[0068] 在校准了第一照射单元22a和第二照射单元22b之后,第一辐射束24a和第二辐射束24b之间在校准照射平面C的重叠区域18c中的偏移可忽略,即,第一照射单元22a和第二照射单元22b可以由控制装置21以下述方式控制:使得第一辐射束24a在指定的校准照射平面C的重叠区域18c中的入射点与第二辐射束24b在校准照射平面C的重叠区域18c中的入射点重合,参见图2a至图2c。

[0069] 如图2d和图2e所示,为了在设备10的正常操作期间生产三维工件,借助于粉末施加装置14将要由第一照射单元22a和第二照射单元22b发射的第一辐射束24a和第二辐射束24b照射的粉末层15施加到载架16上。结果,原料粉末层15的照射平面S被布置成与校准照射平面C基本平行并且与该校准照射平面C相距距离d处,该原料粉末层的照射平面由原料粉末层15的表面限定出并且在设备10的工作期间经受由照射单元22a、22b发射的辐射束24a、24b。距离d取决于粉末施加装置14,特别是粉末施加装置14的整平滑块17相对于束发射平面B的位置。

[0070] 如图2d和图2e所示,校准照射平面C和照射平面S之间在z方向上存在的偏移不可避免地导致了由照射单元22a、22b发射的辐射束24a、24b在照射平面S内沿x方向和y方向的偏移 dx_r 、 dy_r 。从图2d可以明显看出,辐射束24a、24b在照射平面S内沿x方向的偏移 dx_r 通常不太关键,因为两个辐射束24a、24b在照射平面S上的入射点移动了相同的量 dx_r 。相反,辐射束24a、24b在照射平面S内沿y方向的偏移 dy_r 导致辐射束24a、24b在照射平面S上的入射点在y方向上彼此间隔开 $2dy_r$ 。

[0071] 为了校正由照射单元22a、22b发射的辐射束24a、24b的入射点之间的偏移,使用经校准的第一照射单元22a在照射平面S的重叠区域18c中生产第一测试结构34。此外,使用经校准的第二照射单元22b在照射平面S的重叠区域18c中生产第二测试结构36。第一测试结

构34和第二测试结构36的不同实施例在图3至图6中示出。然而,所有测试结构34、36对的共同之处在于,它们在同一原料粉末层中被彼此相邻地生产。

[0072] 在下一步骤中,确定第一测试结构34和第二测试结构36之间在照射平面S中的偏移 dx_t 、 dy_t 。此后,基于所确定的第一测试结构34和第二测试结构36之间在照射平面S中的偏移 dx_t 、 dy_t 使第一照射单元22a和第二照射单元22b中的至少一个以下述方式对准:使得第一测试结构34和第二测试结构36之间在照射平面S中的偏移 dx_t 、 dy_t 减小,并且最终不再超过阈值。

[0073] 在图3至图6中示出的示例性测试结构34、36(将进一步在下文中更详细地讨论)被以下述方式成形和布置:使得所确定的第一测试结构34和第二测试结构36之间在照射平面S中的偏移 dx_t 、 dy_t 可以直接用于使第一照射单元22a和第二照射单元22b中的至少一个对准。为了补偿所确定的测试结构34、36的偏移 dx_t 、 dy_t ,可以仅校正第一照射单元22a以便使第一辐射束24a的入射点在照射平面S上移动,或者可以仅校正第二照射单元22b以便使第二辐射束24b的入射点在照射平面S上移动 $-dx_r$ 和 $-dy_r$,或者可以校正两个照射单元22a、22b以便使第一辐射束24a和第二辐射束24b的入射点S对准。这可以例如通过将照射单元22a、22b中的一个移动 $-dx_t$ 、 $-dy_t$ 或通过两个照射单元22a、22b移动适当的量以补偿偏移 dx_t 、 dy_t 来实现。

[0074] 第一测试结构34和第二测试结构36可以在设备10的对准操作期间生产,该对准操作与用于生产三维工件的设备10的正常操作分开地进行。例如,第一测试结构34和第二测试结构36可以在设备10的对准操作的过程中生产,该对准操作在完成构建过程之后并且在开始新的构建过程之前进行。然而,也可能在设备10的正常操作期间生产第一测试结构34和第二测试结构36,即,第一测试结构34和第二测试结构36以及三维工件可以在单个构建过程中同时生产。

[0075] 第一测试结构34和第二测试结构36可以以块状部件的形式生产,该块状部件连接到基板,该基板布置在载架16上以在该基板上构建测试结构34、36以及可选地构建三维工件。如果测试结构34、36在设备10的正常操作期间生产,则测试结构34、36可以由多个层形成,这多个层的数量与同时生产的三维工件的层的数量相对应。在完成构建过程之后,可以例如如图7所示的借助于测微螺旋来测量呈块状部件形式的测试结构34、36,以便确定第一测试结构34和第二测试结构36之间的偏移 dx_t 、 dy_t 。为了测量第一测试结构34和第二测试结构36之间的偏移 dx_t 、 dy_t ,测试结构34、36可以保持连接到载架16或基板,或者可以从载架16或基板上脱开。为了改善在使测试结构34、36从载架16上脱开期间以及在测量测试结构34、36之间的偏移 dx_t 、 dy_t 期间对测试结构34、36的操纵,可以在共同的基底上生产测试结构34、36。

[0076] 替代性地,第一测试结构34和第二测试结构36可以以损失的部件的形式生产,该损失的部件与基板分开地形成。特别地,以损失的部件的形式生产的测试结构34、36可以被生产为具有多个层,这多个层的数量比同时生产的三维工件的层的数量少。第一测试结构34和第二测试结构36的至少一个层可被布置成与同时生产的三维工件的在与载架16相距一定距离处构建的中间层共平面。此外,可以想到的是,定期地、随机地或基于算法地生产测试结构层。例如,可以与每20个工件层之后的五个工件层共平面地生产五个测试结构层。

[0077] 仅在完成第一测试结构34和第二测试结构36的生产之后,才可以确定第一测试结

构34和第二测试结构36之间的偏移 dx_t 、 dy_t 。替代性地或此外,在生产第一测试结构34和第二测试结构36的期间,例如在完成第一测试结构34和第二测试结构36的层之后并且在开始生产第一测试结构34和第二测试结构36的另外的层之前就已经可以确定第一测试结构34和第二测试结构36之间的偏移 dx_t 、 dy_t 。

[0078] 在图1所示的设备10中,可以借助于熔池监测系统28的光学测量装置30和/或借助于层控制系统31的光学测量装置32来确定第一测试结构34和第二测试结构36之间的偏移 dx_t 、 dy_t 。为了借助于熔池监测系统28的光学测量装置30来测量第一测试结构34和第二测试结构36之间的偏移 dx_t 、 dy_t ,在完成第一测试结构34和第二测试结构36的层之后,用由第一照射单元22a和第二照射单元22b中的至少一个发射的测试辐射束来对照射平面S的包含第一测试结构34和第二测试结构36的区域进行扫描。设置照射平面S的要由测试辐射束扫描的区域,以使其不仅包括由完全对准的第一照射单元22a和第二照射单元22a生产的第一测试结构34和第二测试结构34预期所在的区域,而且也包括周围的区域,以便确保要被扫描的区域也包含由于第一照射单元22a和第二照射单元22a的未对准而相对于彼此偏移的第一测试结构34和第二测试结构36。

[0079] 特别地,根据包括多个第一扫描矢量以及多个第二扫描矢量的图案用测试辐射束对照射平面S的包含第一测试结构34和第二测试结构36的区域进行扫描,该多个第一扫描矢量在照射平面S内延伸,并且该多个第二扫描矢量在照射平面S内与多个第一扫描矢量成一定角度地,特别是垂直于多个第一扫描矢量地延伸。多个第一扫描矢量和多个第二扫描矢量中的平行的扫描矢量是单向的。此外,用测试辐射束以低于第一辐射束24a和第二辐射束24b在生产第一测试结构34和第二测试结构36期间的束功率和扫描速度的束功率和扫描速度来对照射平面S的包含第一测试结构34和第二测试结构36的区域进行扫描。最后,对照射平面S的包含第一测试结构34和第二测试结构36的区域进行单向的照射。

[0080] 在对照射平面S的包含第一测试结构34和第二测试结构36的区域进行扫描的期间,借助于光学测量装置30来监测测试辐射束与第一测试结构34和第二测试结构36或者与在照射平面S内包围第一测试结构34和第二测试结构36的原料粉末的相互作用。当测试辐射束入射到未固化的原料粉末上时,由光学测量装置30检测到的强度值高于当测试辐射束入射在先前已固化的测试结构表面上时由光学测量装置30检测到的强度值。结果,可以确定第一测试结构34和第二测试结构36与包围第一测试结构34和第二测试结构36的原料粉末之间的分界的位置,并因此可以确定第一测试结构34和第二测试结构36之间的偏移 dx_t 、 dy_t 。

[0081] 如果层控制系统31的光学测量装置32应用于确定第一测试结构34和第二测试结构36之间的偏移 dx_t 、 dy_t ,则可以在完成第一测试结构34和第二测试结构36的层之后捕获照射平面S的图像,特别是照射平面的二维图像。所捕获的图像可以包含整个照射平面S或仅包含照射平面S的包含第一测试结构34和第二测试结构36的区域。基于所捕获的照射平面S的图像,借助于自动图像处理或通过手动地,即在视觉上评估所捕获的图像可以确定第一测试结构34和第二测试结构36与包围第一测试结构34和第二测试结构36的原料粉末之间的分界的位置。

[0082] 可以基于所确定的第一测试结构34和第二测试结构36之间的偏移 dx_t 、 dy_t 来使照射单元22a、22b对准,使得仅在完成第一测试结构34和第二测试结构36的生产之后,该偏移

dx_t 、 dy_t 不超过阈值。然而,替代性地或此外,也可以想到,基于所确定的第一测试结构34和第二测试结构36之间的偏移 dx_t 、 dy_t 使照射单元22a、22b以下述方式对准:使得在生产第一测试结构34和第二测试结构36的期间,该偏移 dx_t 、 dy_t 就已经不超过阈值。例如,可以在完成第一测试结构34和第二测试结构36的层之后,但在产生第一测试结构34和第二测试结构36的另外的层之前,执行用于使照射单元22a、22b对准的对准步骤。像确定第一测试结构34和第二测试结构36之间的偏移 dx_t 、 dy_t 一样,也可以例如在控制装置21的控制下手动地或自动地执行照射单元22a、22b的对准。

[0083] 在图3至图6中示出了各种示例性测试结构设计。从这些图可以明显看出,测试结构34、36的设计使得第一测试结构34和第二测试结构36能够在相同的原料粉末层中,即在基本上平行于载架16的表面的同一平面上被彼此相邻地生产。结果,可以同时地并以低构建高度生产第一测试结构34和第二测试结构36。此外,根据图3至图6的各种测试结构设计的共同之处在于,第一测试结构34和第二测试结构36被成形和布置成使得当使第一照射单元22a和第二照射单元22b对准时,第一测试结构34的至少一个边缘被布置成与第二测试结构36的至少一个边缘齐平。换句话说,测试结构34、36被以下述方式成形和布置:使得由第一照射单元22a和第二照射单元22b发射的辐射束24a、24b之间的偏移 dx_r 、 dy_r 产生第一测试结构34和第二测试结构36的边缘之间的对应偏移 dx_t 、 dy_t ,该第一测试结构和第二测试结构的边缘在照射单元22a、22b对准时相对于彼此齐平地延伸。

[0084] 图3示出了测试结构设计的第一实施例,其中图3a示出了由对准的照射单元22a、22b生产的测试结构布置的外观,而图3b示出了由发射在照射平面S内相对于彼此沿x方向和y方向偏移的辐射束24a、24b的照射单元22a、22b生产的测试结构布置的外观。测试结构布置包括两对第一测试结构34和第二测试结构36。两个第一测试结构34均具有矩形形状,并且在相同的原料粉末层中与第二测试结构36相邻地生产和布置。第二测试结构36也具有与第一测试结构34的矩形形状一致的矩形形状。在每对测试结构34、36中,第一测试结构34和第二测试结构36并排布置。

[0085] 在图3中在左侧示出的第一对测试结构34、36中,第一测试结构34的下边缘38被布置成在照射平面S内平行于x方向,并且在第一照射单元22a和第二照射单元22b对准时与第二测试结构36的下边缘40齐平,参见图3a。相反,当第一照射单元22a和第二照射单元22b未对准时,在第一测试结构34的下边缘38和第二测试结构36的下边缘40之间在照射平面S内沿y方向发生偏移 dy_t ,该偏移对应于由照射单元22a、22b发射的辐射束24a、24b之间的偏移 dy_r 。

[0086] 在图3中在右侧示出的相对于第一对测试结构34、36旋转了 90° 的第二对测试结构34、36中,第一测试结构34的左边缘42被布置成在照射平面S内平行于y方向并且在第一照射单元22a和第二照射单元22b对准时与第二测试结构36的左边缘44齐平,参见图3a。相反,当第一照射单元22a和第二照射单元22b未对准时,在第一测试结构34的左边缘42和第二测试结构36的左边缘44之间在照射平面S内沿x方向发生偏移 dx_t ,该偏移对应于由照射单元22a、22b发射的辐射束24a、24b之间的偏移 dx_r 。

[0087] 可以容易地生产根据图3的测试结构布置。此外,可以例如借助于手动测量工具或借助于如上所述的光学测量装置30、32而容易地测量测试结构34、36之间的一个或多个偏移。然而,在要确定在照射平面S内沿x方向和y方向的偏移的情况下,需要生产和测量两对

测试结构34、36。

[0088] 在图4中示出了替代性的测试结构布置,其中图4a示出了由经对准的照射单元22a、22b生产的测试结构布置的外观,而图4b示出了由发射在照射平面S内相对于彼此沿x方向和y方向偏移的辐射束24a、24b的照射单元22a、22b生产的测试结构布置的外观。第一测试结构34和第二测试结构36中的每个基本上是线形的。第一测试结构34限定出十字形的左上部分,而第二测试结构36限定出十字形的右下部分。

[0089] 从图4b可以明显看出,由照射单元22a、22b发射的辐射束24a、24b之间的偏移 dx_r 、 dy_r 导致测试结构34、36之间的偏移 dx_t 、 dy_t ,使得可以借助于一对测试结构34、36来确定辐射束24a、24b在照射平面S内沿两个方向的偏移 dx_r 、 dy_r 。然而,手动地确定线形的测试结构34、36之间的偏移 dx_t 、 dy_t 是不可能的或者至少非常困难,使得根据图4的测试结构布置对于在生产第一测试结构34和第二测试结构36期间就已经执行的偏移确定过程特别有利。

[0090] 在图5中示出了另一替代性的测试结构布置,该测试结构布置特别适合用在用于使两个以上的照射单元,特别是四个照射单元对准的过程中。图5a示出了由经对准的照射单元生产的测试结构布置的外观,而图5b示出了由发射在照射平面S内相对于彼此沿x方向和y方向偏移的辐射束24a、24b的照射单元22a、22b生产的测试结构布置的外观。图5的上部分示出了在可以被第三照射单元和第四照射单元照射的重叠区域 $18c_{34}$ 中构建的测试结构34、36。图5的中央部分示出了在可以被第二照射单元和第三照射单元照射的重叠区域 $18c_{23}$ 中构建的测试结构34、36。图5的下部分示出了在可以被第一照射单元和第二照射单元照射的重叠区域 $18c_{12}$ 中构建的测试结构34、36。

[0091] 每个第一测试结构34具有矩形形状,当用于生产测试结构34、36的照射单元对准时,该矩形形状配合到被设置在基本为对应的L形的第二测试结构36中的缺口中,参见图5a。相反,由用于生产各个测试结构34、36的照射单元发射的辐射束之间的偏移导致测试结构34、36之间的偏移,参见图5b。因此,通过测量图5b的上部分所示的测试结构34、36的偏移 dx_{t43} 、 dy_{t43} 使得能够确定由第三照射单元和第四照射单元发射的辐射束之间在照射平面S内沿x方向以及沿y方向的偏移。通过测量图5b的中央部分中所示的测试结构34、36的偏移 dx_{t32} 、 dy_{t32} 使得能够确定由第二照射单元和第三照射单元发射的辐射束之间在照射平面S内沿x方向和y方向的偏移。最后,通过测量图5b下部分中所示的结构34、36的偏移 dx_{t12} 、 dy_{t12} 使得能够确定由第一照射单元和第二照射单元发射的辐射束之间在照射平面S内沿x方向和y方向的偏移。

[0092] 如图5所示,第一测试结构34和第二测试结构36可被布置成彼此接触。然而,如图6所示,也可以想到的是,将第一测试结构34和第二测试结构36布置成彼此相距一定距离,其中图6a示出了由经对准的照射单元生产的测试结构布置的外观,而图6b示出了由发射在照射平面S内相对于彼此沿x方向和y方向偏移的辐射束的照射单元生产的测试结构布置的外观。根据图6的布置使由于用于生产测试结构34、36的照射单元的未对准而导致的原料粉末区域被双重照射的风险最小化。

[0093] 如图7所示,可以例如借助测微螺旋来测量测试结构34、36。如图7a所示,在第一步骤中,可以通过测量第二测试结构36的实心部分(在图7a中上部)沿x方向的延伸来确定在x方向上的设定延伸。在第二步骤中,如图7b所示,可以测量第一测试结构34和第二测试结构36的组合在x方向上的延伸,以便确定在x方向上的实际延伸。然后可以通过形成如根据图

7a测量的x方向上的设定延伸与如根据图7b测量的x方向上的实际延伸之间的差来确定第一测试结构34与第二测试结构36之间的偏移 dx_t 。可以相应地执行对第一测试结构34和第二测试结构36之间沿y方向的偏移 dy_t 的确定。

[0094] 为了基于使用根据图5的测试结构布置进行的偏移测量来使四个照射单元对准，在第一步骤中，可以使第三照射单元对准以便例如通过使第三照射单元移动 $-dx_{t32}$ 、 $-dy_{t32}$ ，从而使由第一照射单元发射的辐射束移动 $-dx_{r32}$ 和 $-dy_{r32}$ 来补偿所测量的偏移 dx_{t32} 、 dy_{t32} 。第一照射单元被移动 $-dx_{t12}$ 和 $-dy_{t12}$ 以便使由第一照射单元发射的辐射束移动 $-dx_{r12}$ 和 $-dy_{r12}$ 。此后，第四照射单元被移动 $(-dx_{t43}-dx_{t32})$ 和 $(dy_{t43}-dy_{t32})$ ，以便使由第四照射单元发射的辐射束移动 $(-dx_{t43}-dx_{t32})$ 和 $(dy_{t43}-dy_{t32})$ 并同时考虑到第三照射单元先前的移动。第二照射单元的位置被保持固定不变，因此第二照射单元被用作一种参考照射单元。然而，也可以想到使用另一照射单元，例如第三照射单元作为固定位置参考照射单元。

[0095] 在使照射单元22a、22b对准之后设备10的正常操作期间，将多个原料粉末层15施加到载架16上，并且用由经校准和经对准的第一照射单元22a和第二照射单元22b发射的第一辐射束24a和第二辐射束24b照射该多个原料粉末层，以便生产三维工件，同时保持束发射平面B和照射平面S之间的距离D固定不变。结果，保持了照射单元22a、22b的校准状态和对准状态，并且可以获得连续高质量的三维工件。不仅在单个工件的生产期间，而且在随后的工件生产过程中，束发射平面B和照射平面S之间的距离D都应保持固定不变。结果，可以省去随后的工件生产过程之间的额外的校准和/或对准步骤。

[0096] 为了保持束发射平面B和照射平面S之间的距离D固定不变，借助于定位工具27将粉末施加装置14，特别是粉末施加装置14的整平滑块17相对于束发射平面B合适地定位。特别地，定位工具27用于以下述方式将粉末施加装置14定位：使得在更换整平滑块17之后仍能保持束发射平面B和照射平面S之间的距离D固定不变。

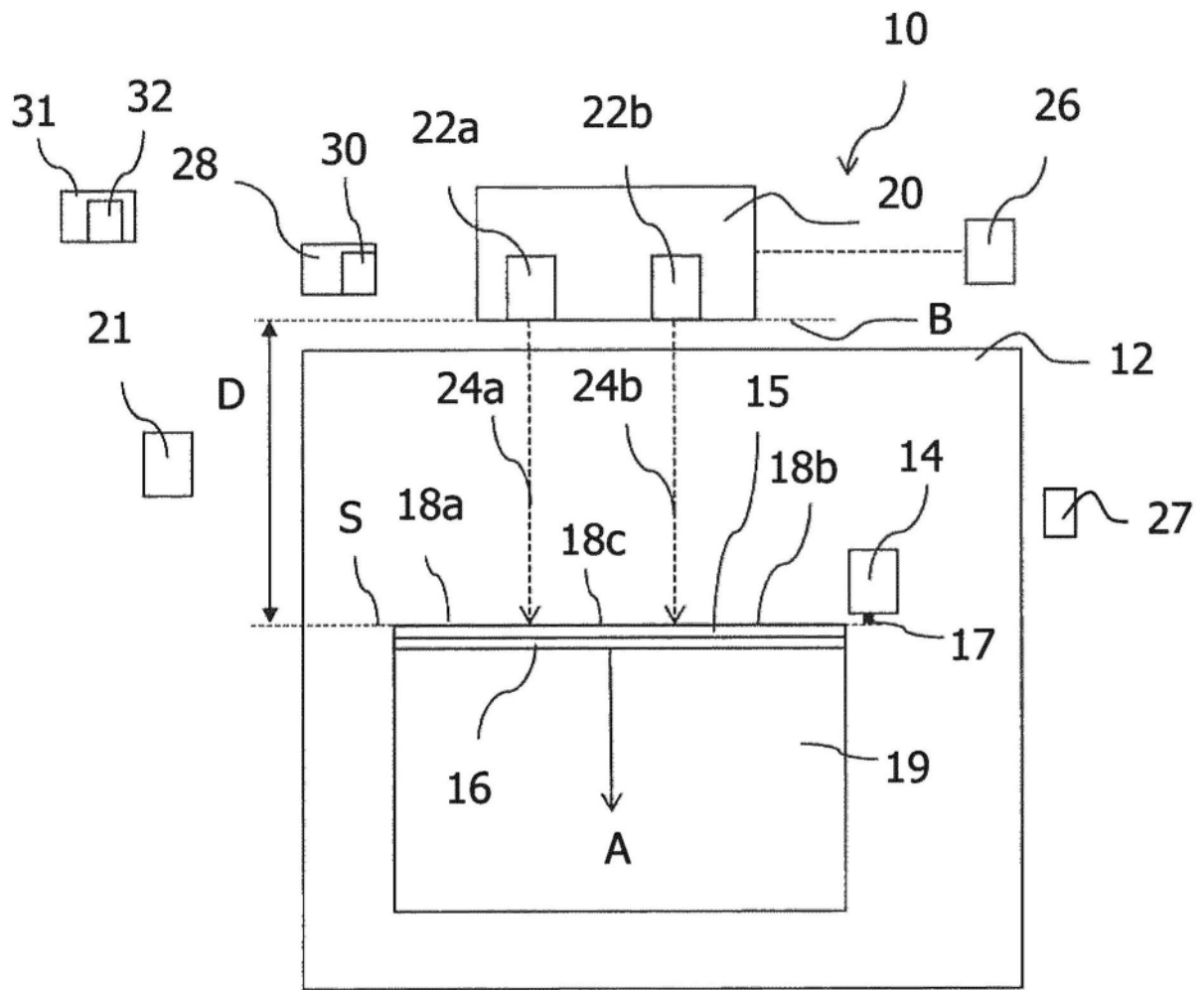


图1

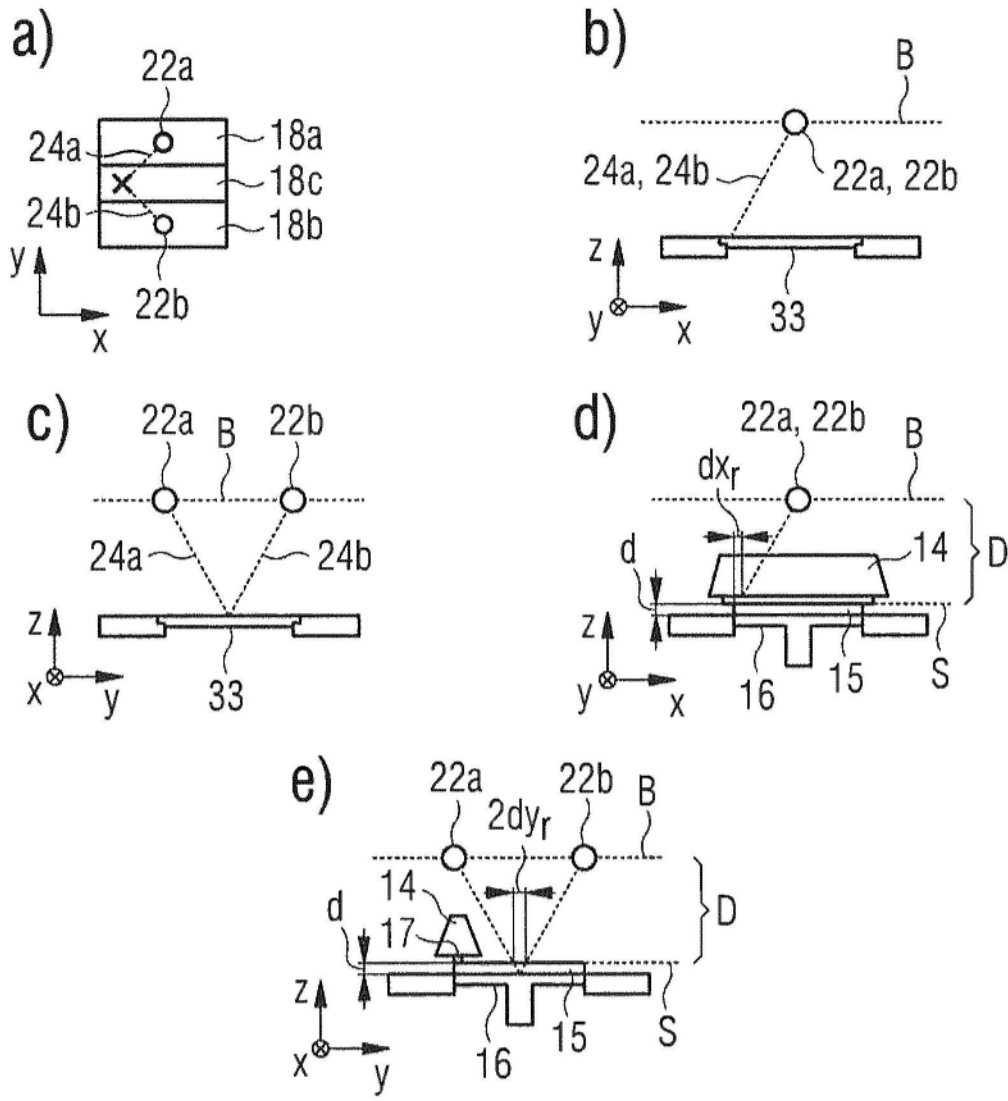


图2

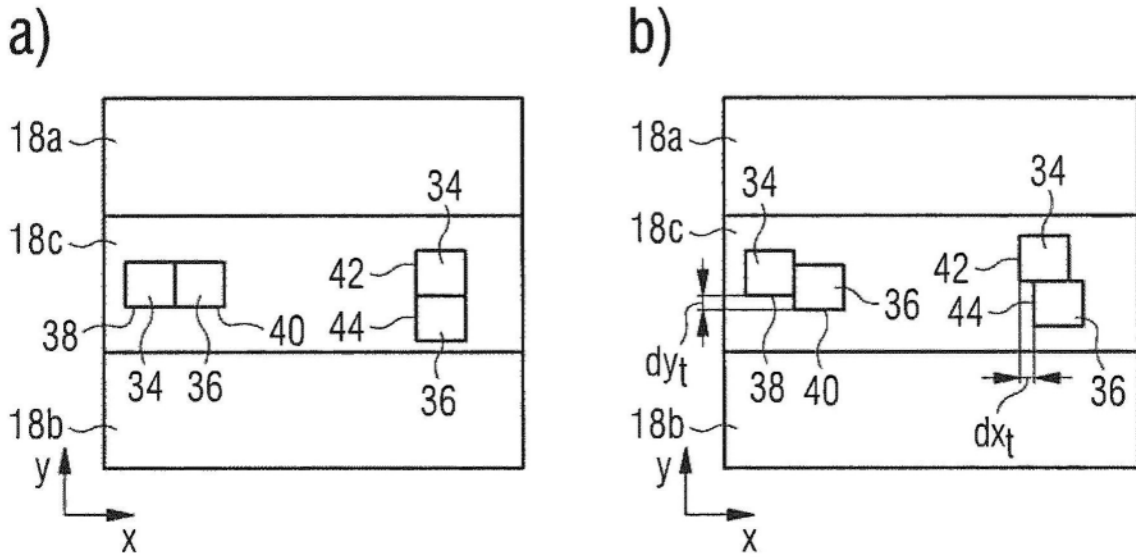


图3

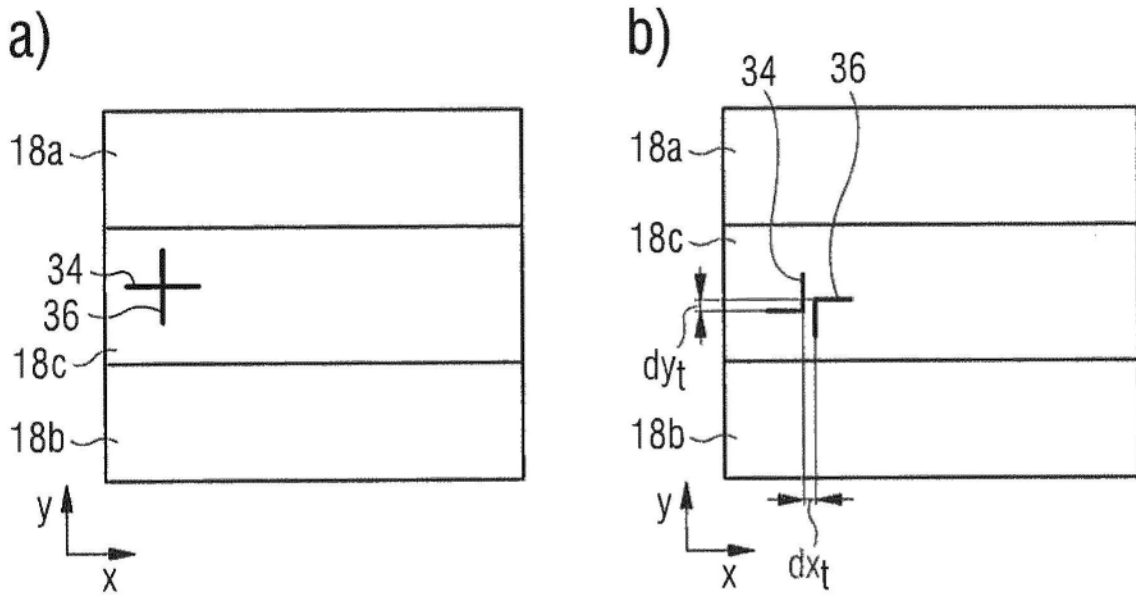


图4

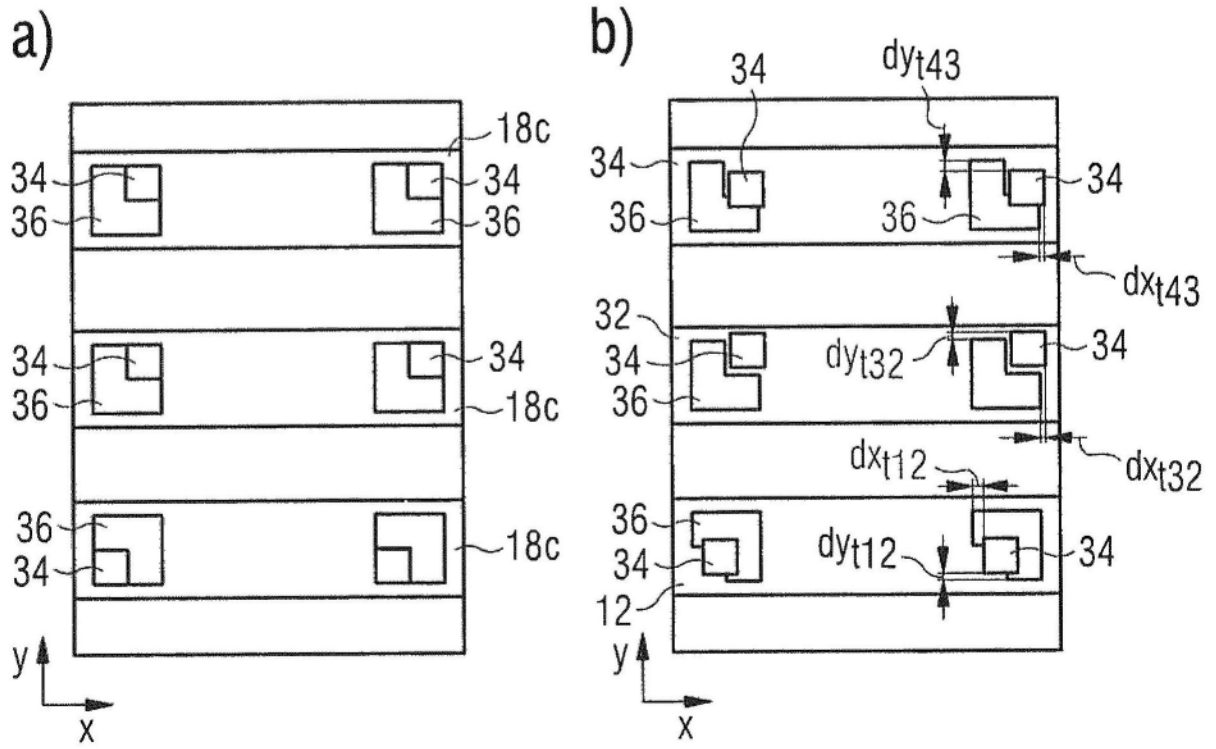


图5

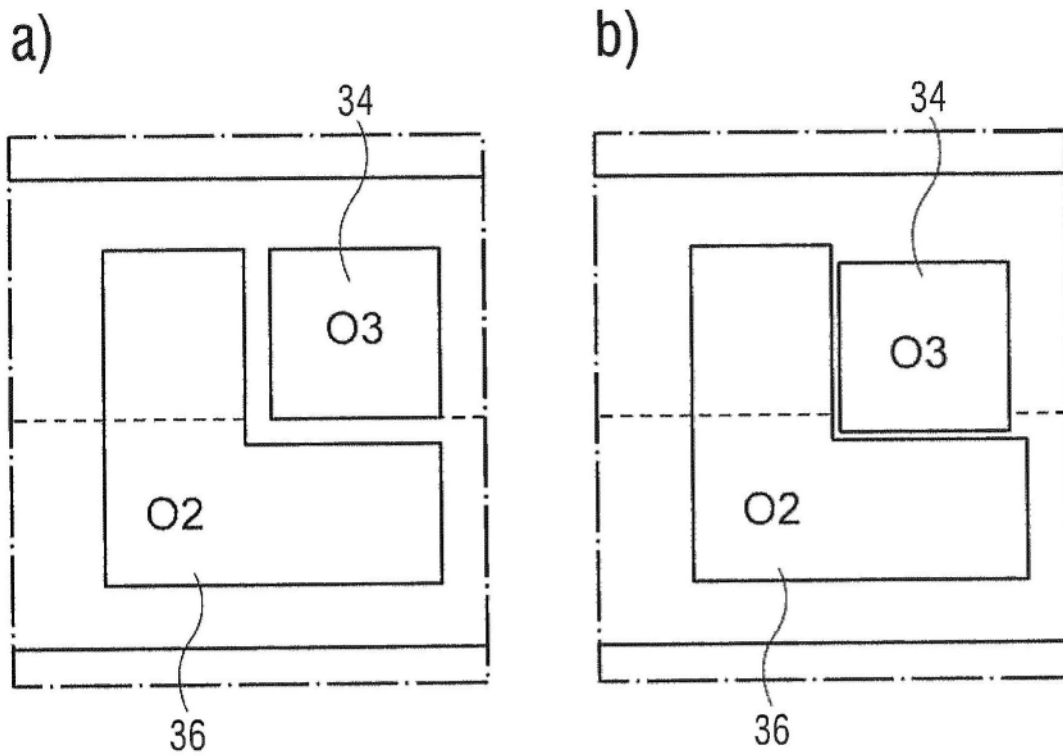


图6

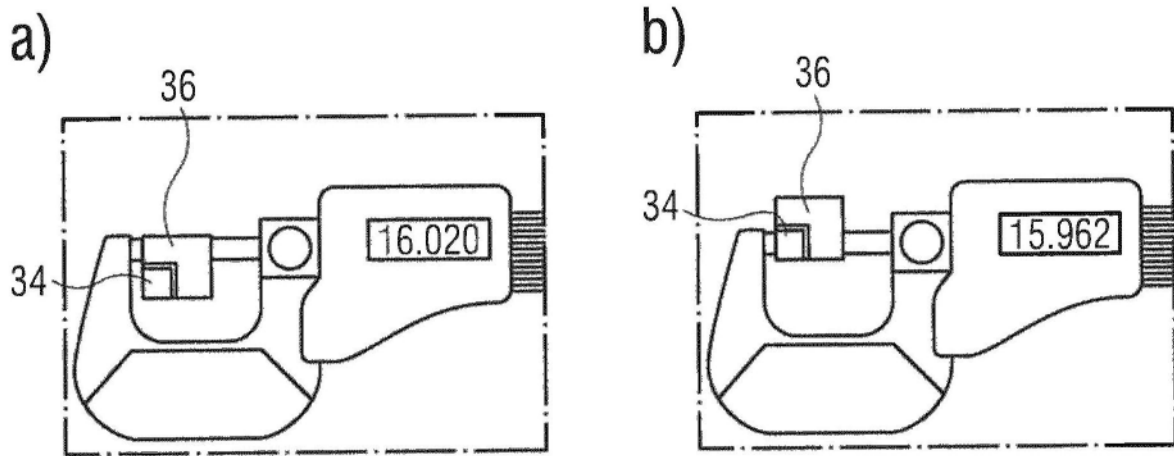


图7

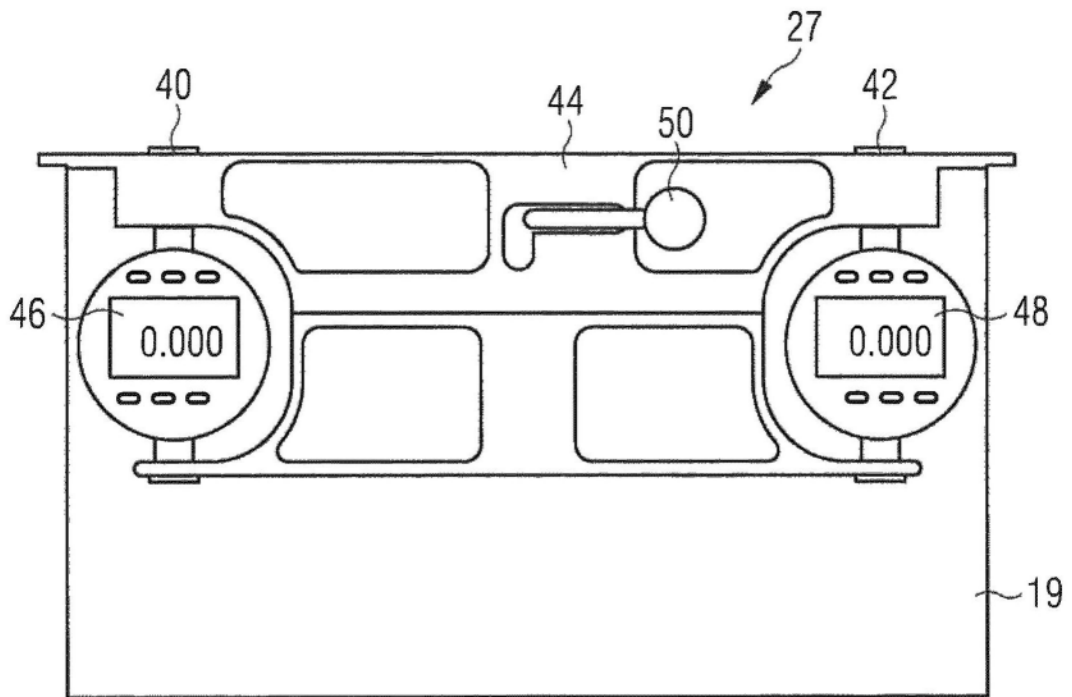


图8

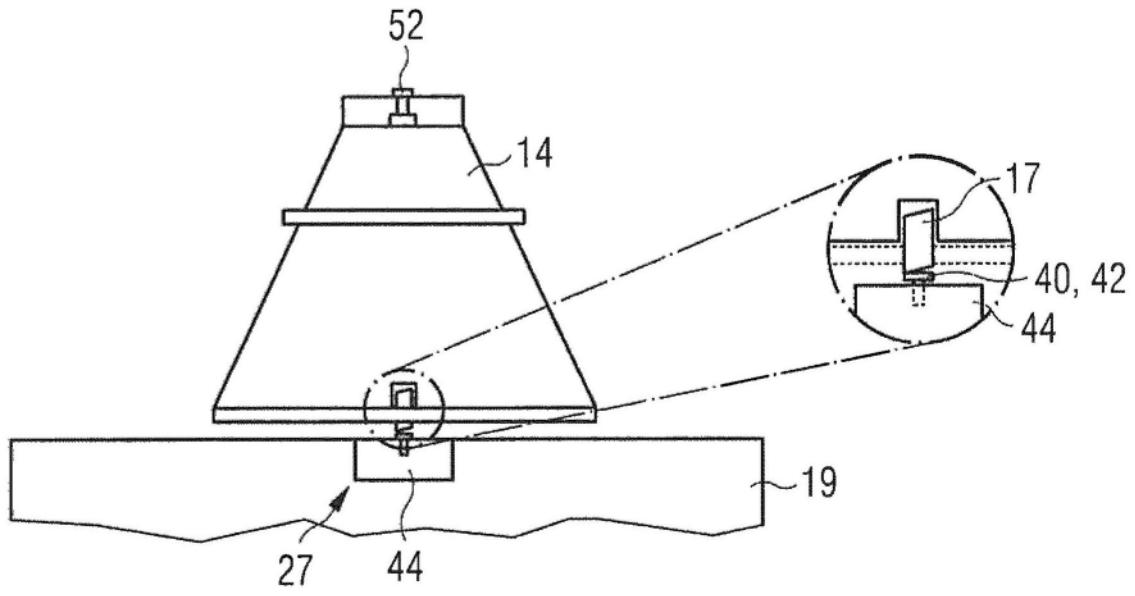


图9