(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112166023 A
(43)申请公布日 2021.01.01

(21)申请号 201980025865.4
(22)申请日 2019.02.15
(30)优先权数据
62/630,898 2018.02.15 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2020.10.14
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/018347 2019.02.15
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2019/161299 EN 2019.08.22
(71)申请人 DDM系统有限责任公司
地址 美国亚特兰大市
(72)发明人 苏曼·达斯 约翰·哈洛兰 马文·基尔戈
(74)专利代理机构 北京英特普罗知识产权代理有限公司 11015
代理人 齐永红
(51)Int.Cl.
B29C 64/135(2017.01)
B29C 64/20(2017.01)
B29C 64/393(2017.01)
B29C 64/205(2017.01)
B29C 64/255(2017.01)
B29C 64/264(2017.01)
B29C 64/40(2017.01)
B29C 35/08(2006.01)
B22C 9/04(2006.01)
B22C 7/02(2006.01)
B22C 9/10(2006.01)
B33Y 10/00(2015.01)
B33Y 30/00(2015.01)
B33Y 40/00(2020.01)
B33Y 50/02(2015.01)

权利要求书9页 说明书22页 附图16页

(54)发明名称

铸造技术,铸件以及三维打印系统和方法

(57)摘要

一种系统,其包括:光学光源;储层,其配置成容纳液态光敏介质,该液态光敏介质适于在曝露于来自光学成像系统的一部分光中时改变状态;以及控制系统,其配置为控制所述光学光源以将所述储层中容纳的所述光敏介质的表面的特定部分曝露于来自所述光源的光中。控制系统可以进一步配置为控制光学光源以将容纳在储层中的光敏介质的表面重复地曝露于来自光源的光中,以构建所需物体的层。

CN 112166023 A

1.一种用于制造三维物体的系统,其特征在于,该系统包括:

光学光源;

储层,其配置成容纳液态光敏介质,所述液态光敏介质适于在曝露于光学成像系统的一部分光中时改变状态;以及

控制系统,其配置为控制所述光学光源以将容纳在所述储层中的所述光敏介质的表面的特定部分曝露于所述光源的光中。

2.根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述控制系统还配置为控制所述光学光源,以将容纳在所述储层中的所述光敏介质的表面重复地曝露于所述光源的光中,以构建所需物体的层。

3.根据权利要求2所述的系统,其特征在于:所述所需物体包括具有壳体的铸件。

4.根据权利要求3所述的系统,其特征在于:所述壳体包括内表面和壳体内部结构。

5.根据权利要求4所述的系统,其特征在于:所述壳体内部结构包括亚毫米内部特征和微架构特征中的至少一个。

6.根据权利要求4或5所述的系统,其特征在于:所述壳体内部结构包括格栅或桁架中的至少一个。

7.根据权利要求3至6中任意一项所述的系统,其特征在于:所述壳体内部结构包括至少一根管。

8.根据权利要求3至7中任意一项所述的系统,其特征在于:所述壳体内部结构抗弯曲和轴向压缩坚固,抗径向压缩脆弱。

9.根据权利要求3至8中任意一项所述的系统,其特征在于:所述壳体选择性地抗径向压缩脆弱。

10.根据权利要求3至9中任意一项所述的系统,其特征在于:所述壳体内部结构包括增强浸出性的特征。

11.根据权利要求3至10中任意一项所述的系统,其特征在于:所述壳体内部结构包括至少一个内部管道。

12.根据权利要求3-11中任意一项所述的系统,其特征在于:所述壳体包括至少一个通道。

13.根据权利要求3至12中任意一项所述的系统,其特征在于:所述壳体内部结构基本上是多孔的。

14.根据权利要求3至13中的任意一项所述的系统,其特征在于:所述壳体还包括外表面,所述壳体内部结构设置在所述内表面和所述外表面之间。

15.根据权利要求14所述的系统,其特征在于:所述外表面包括一个或多个附接点。

16.根据权利要求15所述的系统,其特征在于,所述控制系统还被配置为:

接收铸件设计;

确定所述壳体所需的连接点;以及

修改所述铸件设计以包括所述所需的附接点。

17.根据权利要求3至16中任意一项所述的系统,其特征在于,所述控制系统还配置为:

接收铸件设计;

确定所述壳体所需的壳体内部结构;以及

修改所述铸件设计以包括所述所需的壳体内部结构。

18.根据权利要求16或17所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为控制所述光学光源，以根据修改后的铸件设计将容纳在所述储层中的所述光敏介质的所述表面重复地曝露于所述光源的光中，来构建所述铸件的层。

19.根据权利要求2至18中任意一项所述的系统，其特征在于：所述铸件还包括芯体。

20.根据权利要求19所述的系统，其特征在于：所述芯体包括表面和芯体内部结构。

21.根据权利要求20所述的系统，其特征在于：所述芯体内部结构包括亚毫米内部特征和微架构特征中的至少一个。

22.根据权利要求20或21所述的系统，其特征在于：所述芯体内部结构包括格栅或桁架中的至少一个。

23.根据权利要求20-22中任意一项所述的系统，其特征在于：所述芯体内部结构包括至少一根管。

24.根据权利要求19-23中任意一项所述的系统，其特征在于：所述芯体内部结构抗弯曲和轴向压缩坚固，而抗径向压缩脆弱。

25.根据权利要求19至24中任意一项所述的系统，其特征在于：所述芯体选择性地抗径向压缩脆弱。

26.根据权利要求19至25中任意一项所述的系统，其特征在于：所述芯体内部结构包括增强所述芯体的浸出性的特征。

27.根据权利要求19-26中任意一项所述的系统，其特征在于：所述芯体内部结构包括至少一个内部管道。

28.根据权利要求19-27中的任意一项所述的系统，其特征在于：所述芯体包括至少一个通道。

29.根据权利要求19-28中任意一项所述的系统，其特征在于：所述芯体内部结构基本上是多孔的。

30.根据权利要求19-28中的任意一项所述的系统，其特征在于，所述控制系统还配置为：

接收铸件设计；

确定所述芯体所需的芯体内部结构；以及

修改所述铸件设计以包括所述所需的芯体内部结构。

31.根据权利要求30所述的系统，其特征在于：所述控制系统还被配置为控制所述光学光源，以根据修改后的铸件设计使所述储层中所容纳的所述光敏介质的所述表面重复地曝露于所述光源的光中，来构建所述铸件的层。

32.根据权利要求1-31中任意一项所述的系统，其特征在于：还包括沉积器，所述沉积器配置成在构建表面上沉积一种或多种第二物质。

33.根据权利要求32所述的系统，其特征在于：所述沉积器包括关节臂。

34.根据权利要求32或33所述的系统，其特征在于：所述沉积器包括喷墨打印机，所述喷墨打印机配置为在所述构建表面上打印所述第二物质。

35.根据权利要求32-34中的任意一项所述的系统，其特征在于：还包括XY扫描台，所述沉积器安装在所述XY扫描台上。

36.根据权利要求32-34中任意一项所述的系统，其特征在于：还包括XY扫描轨道，所述沉积器安装在所述XY扫描轨道上。

37.根据权利要求32-36中任意一项所述的系统，其特征在于：所述一种或多种第二物质包括光抑制剂、光引发剂、单体和一种或多种第二光聚合悬浮液中的至少一种，所述一种或多种第二光聚合悬浮液与所述光敏介质不同。

38.根据权利要求37所述的系统，其特征在于：所述光抑制剂包括吸光染料。

39.根据权利要求32-38中的任意一项所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为控制所述沉积器，以选择性地将所述一种或多种第二物质沉积在构建表面上。

40.根据权利要求39所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为控制所述沉积器选择性地沉积光抑制剂，以限制所述光抑制剂下方的光敏介质的固化。

41.根据权利要求39或40所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为控制所述沉积器，以在所构建的当前层的边缘周围选择性地沉积光抑制剂。

42.根据权利要求39-41中任意一项所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为控制所述沉积器选择性地沉积光引发剂，以局部提高所述光引发剂下方的所述光敏介质的光固化反应性。

43.根据权利要求39-42中任意一项所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为控制所述沉积器选择性地沉积一种或多种第二光聚合悬浮液，以在固化时提供一多层的物体。

44.根据权利要求39-43中的任意一项所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为在施加所述光敏介质的当前层之后、但在固化所述光敏介质的所述当前层之前，控制所述沉积器在所述构建表面上选择性地沉积所述一种或多种第二光聚合悬浮液。

45.根据权利要求39-44中的任意一项所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为在固化所述光敏介质的前一层之后、但在施加所述光敏介质的所述当前层之前，控制所述沉积器以在所述构建表面上选择性地沉积所述一种或多种第二光聚合悬浮液。

46.根据权利要求1-45中任意一项所述的系统，其特征在于，所述控制系统还被配置为：

确定至少一种光敏介质和固化特性；

基于所述至少一种光敏介质和固化特性来修改图像切片；以及

基于所修改的图像切片，控制光学光源以将所述储层中包含的所述光敏介质的表面的特定部分曝露于所述光源的光中。

47.根据权利要求1-46中任意一项所述的系统，其特征在于，所述控制系统还被配置为：

确定至少一种光敏介质和固化特性；以及

基于所述至少一种光敏介质和固化特性来改变所述光源的强度。

48.根据权利要求46或47所述的系统，其特征在于，所述光敏介质和固化特性包括下述中的至少一种：光散射、侧向散射、收缩、透印、固化膨胀、聚合收缩、烧结收缩、光敏介质的悬浮液的增宽行为、悬浮介质的光学特性、悬浮介质的吸收系数、悬浮介质的折射率、悬浮液中粉末的光学特性、悬浮液中粉末的吸收率、悬浮液中粉末的折射率、粉末粒度分布、后续加工和/或热处理导致的变化。

49.根据权利要求46-48中的任意一项所述的系统，其特征在于：修改所述图像切片包括对所述图像切片进行正和/或负边界校正以及为所述图像切片的角点插入栓孔中的至少一个。

50.根据权利要求46-49中任意一项所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为通过执行基于物理的模拟以估计所述至少一种光敏介质和固化特性，来确定所述至少一种光敏介质和固化特性。

51.根据权利要求46-50中的任意一项所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为通过检索关于所述至少一种光敏介质和固化特性的存储信息来确定所述至少一种光敏介质和固化特性。

52.根据权利要求46-51中的任意一项所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为基于一个或多个校准图像来控制所述光学成像系统以将容纳在所述储层中的所述光敏介质的表面的特定部分曝露于所述光源的光中，以形成一个或多个测试层。

53.根据权利要求1-52中任意一项所述的系统，其特征在于：还包括一个或多个图像捕捉设备。

54.根据权利要求53所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为控制所述一个或多个图像捕捉设备以捕捉所述一个或多个测试层的几何形状。

55.根据权利要求54所述的系统，其特征在于：所述控制系统还配置为将所捕捉的所述一个或多个测试层的几何形状与所述一个或多个校准图像进行比较，以确定所述至少一种光敏介质和固化特性。

56.根据权利要求53-55中的任意一项所述的系统，其特征在于，所述控制系统还被配置为：

控制一个或多个图像捕捉设备以捕捉一个或多个固化层的几何形状；

将所捕捉的所述一个或多个固化层的几何形状与所述一个或多个固化层的预期几何形状进行比较；以及

根据该比较来确定所述至少一种光敏介质和固化特性。

57.根据权利要求53-56中的任意一项所述的系统，其特征在于：所述一个或多个图像捕捉设备包括照相机、红外传感器、激光栅格发射器和三维(3D)扫描仪中的至少一个。

58.根据权利要求4至57中任意一项所述的系统，其特征在于：调节所述壳体内部结构和所述芯体内部结构中的至少一个以控制所述壳体或芯体中的热传递。

59.一种制造三维物体的方法，其特征在于，该方法包括：

确定当前层的几何形状；以及

控制光学光源，以使光敏介质的表面的特定部分曝露于所述光源发出的与所述当前层的所述几何形状一致的光中。

60.根据权利要求59所述的方法，其特征在于：还包括将所述光敏介质的所述表面重复地曝露于所述光源的光中，以构建所需物体的多个层。

61.根据权利要求60所述的方法，其特征在于：所述所需物体包括具有壳体的铸件。

62.根据权利要求61所述的方法，其特征在于：

所述壳体包括内表面和壳体内部结构，以及

该方法包括将所述光敏介质的所述表面重复曝露于所述光源的光中以构建包括所述

壳体内部结构的所述壳体。

63.根据权利要求62所述的方法，其特征在于：所述壳体内部结构包括亚毫米内部特征和微架构特征中的至少一个。

64.根据权利要求62或63所述的方法，其特征在于：所述壳体内部结构包括格栅，桁架或管中的至少一个。

65.根据权利要求62-64中任意一项所述的方法，其特征在于：所述壳体内部结构抗弯曲和轴向压缩坚固，而抗径向压缩脆弱。

66.根据权利要求61-65中任意一项所述的方法，其特征在于：所述壳体选择性地抗径向压缩脆弱。

67.根据权利要求61-66中的任意一项所述的方法，其特征在于：所述壳体内部结构包括增强浸出性的特征。

68.根据权利要求61-67中任意一项所述的方法，其特征在于：所述壳体内部结构包括至少一个内部管道。

69.根据权利要求61-68中任意一项所述的方法，其特征在于：调节所述壳体内部结构以控制所述壳体中的热传递。

70.根据权利要求61-69中任意一项所述的方法，其特征在于：

所述壳体包括至少一个通道，以及

该方法包括将所述光敏介质的所述表面重复地曝露于所述光源的光中，以构建包括所述至少一个通道的所述壳体。

71.根据权利要求61-70中任意一项所述的方法，其特征在于：还包括将所述光敏介质的所述表面重复地曝露于所述光源的光中，以构建所述壳体，使得所述壳体内部结构基本上是多孔的。

72.根据权利要求61-71中的任意一项所述的方法，其特征在于：所述壳体还包括外表面，所述壳体内部结构设置在所述内表面和所述外表面之间。

73.根据权利要求72所述的方法，其特征在于：所述外表面包括一个或多个附接点。

74.根据权利要求73所述的方法，其特征在于，还包括：

接收铸件设计；

确定所述壳体所需的附接点；以及

修改所述铸件设计以包括所述所需的附接点。

75.根据权利要求71-74中任意一项所述的方法，其特征在于，还包括：

接收铸件设计；

确定所述壳体所需的壳体内部结构；以及

修改所述铸件设计以包括所述所需的壳体内部结构。

76.根据权利要求74或75所述的方法，其特征在于：

还包括根据所修改的铸件设计，使所述光敏介质的所述表面重复地曝露于所述光源的光中，以构建所述铸件。

77.根据权利要求60-76中任意一项所述的方法，其特征在于：所述铸件还包括芯体。

78.根据权利要求77所述的方法，其特征在于：

所述芯体包括表面和芯体内部结构，以及

该方法包括将所述光敏介质的所述表面重复曝露于所述光源的光中，以构建包括所述芯体内部结构的所述铸件。

79.根据权利要求78所述的方法，其特征在于：所述芯体内部结构包括亚毫米内部特征和微架构特征中的至少一个。

80.根据权利要求78或79所述的方法，其特征在于：所述芯体内部结构包括格栅，桁架和至少一根管中的至少一个。

81.根据权利要求78-80中任意一项所述的方法，其特征在于：调节所述芯体内部结构以控制所述芯体中的热传递。

82.根据权利要求77-81中任意一项所述的方法，其特征在于：所述芯体内部结构抗弯曲和轴向压缩坚固，而抗径向压缩脆弱。

83.根据权利要求77-82中的任意一项所述的方法，其特征在于：所述芯体选择性地抗径向压缩脆弱。

84.根据权利要求77-83中任意一项所述的方法，其特征在于：芯体内部结构包括增强所述芯体的浸出性的特征。

85.根据权利要求77-84中任意一项所述的方法，其特征在于：所述芯体内部结构包括至少一个内部管道。

86.根据权利要求77-85中任意一项所述的方法，其特征在于：所述芯体包括至少一个通道。

87.根据权利要求77-86中任意一项所述的方法，其特征在于：所述芯体内部结构基本上是多孔的。

88.根据权利要求77-87中任意一项所述的方法，其特征在于，还包括：

接收铸件设计；

确定所述芯体所需的芯体内部结构；

修改所述铸件设计以包括所述所需的芯体内部结构；以及

根据所修改的铸件设计，将所述光敏介质的所述表面重复曝露于所述光源的光中，以构建铸件。

89.根据权利要求59-88中任意一项所述的方法，其特征在于：还包括在构建表面上沉积一种或多种第二物质。

90.根据权利要求89所述的方法，其特征在于：

所述一种或多种第二物质由沉积器沉积，以及

所述沉积器包括下述中的至少一个：关节臂、配置为在整个构建表面上打印所述第二物质的喷墨打印机、XY扫描台以及XY扫描轨道。

91.根据权利要求89或90所述的方法，其特征在于：所述一种或多种第二种物质包括光抑制剂、光引发剂、单体和一种或多种第二光聚合悬浮液中的至少一种，所述一种或多种第二光聚合悬浮液不同于所述光敏介质。

92.根据权利要求91所述的方法，其特征在于：所述光抑制剂包括吸光染料。

93.根据权利要求89-92中任意一项所述的方法，其特征在于：还包括选择性地沉积光抑制剂以限制所述光抑制剂下方的光敏介质的固化。

94.根据权利要求89-93中任意一项所述的方法，其特征在于：还包括在所构建的当前

层的边缘周围选择性地沉积光抑制剂。

95.根据权利要求89-94中任意一项所述的方法，其特征在于：还包括选择性地沉积光引发剂以局部增加所述光引发剂下方的光敏介质的光固化反应性。

96.根据权利要求89-95中任意一项所述的方法，其特征在于：还包括选择性地沉积一种或多种第二光聚合悬浮液，以在固化时提供一多层的物体。

97.根据权利要求89-96中任意一项所述的方法，其特征在于：还包括在施加所述光敏介质的当前层之后、但在固化所述光敏介质的所述当前层之前，在所述构建表面上选择性地沉积所述一种或多种第二光聚合悬浮液。

98.根据权利要求89-97中任意一项所述的方法，其特征在于：还包括在固化所述光敏介质的前一层之后、但在施加所述光敏介质的所述当前层之前，在整个构建表面上选择性地沉积所述一种或多种第二光聚合悬浮液。

99.根据权利要求59-98中任意一项所述的方法，其特征在于，还包括：

确定至少一种光敏介质和固化特性；

基于所述至少一种光敏介质和固化特性来修改图像切片；以及

基于所修改的图像切片，将所述光敏介质的表面曝露于所述光源的光中。

100.根据权利要求59-99中的任意一项所述的方法，其特征在于，还包括：

确定至少一种光敏介质和固化特性；以及

基于所述至少一种光敏介质和固化特性来改变所述光源的强度。

101.根据权利要求99或100所述的方法，其特征在于：所述光敏介质和固化性质包括下述中的至少一个：光散射、侧向散射、收缩、透印、固化膨胀、聚合收缩、烧结收缩、光敏介质的悬浮液的增宽行为、悬浮介质的光学特性、悬浮介质的吸收系数、悬浮介质的折射率、悬浮液中粉末的光学特性、悬浮液中粉末的吸收率、悬浮液中粉末的折射率、粉末粒度分布、后续加工和/或热处理导致的变化。

102.根据权利要求99-100中的任意一项所述的方法，其特征在于：修改所述图像切片包括对所述图像切片进行正和/或负边界校正以及为所述图像切片的角点插入栓孔中的至少一个。

103.根据权利要求99-102中任意一项所述的方法，其特征在于：确定所述至少一种光敏介质和固化特性包括执行基于物理的模拟以估计所述至少一种光敏介质和固化特性。

104.根据权利要求99-103中的任意一项所述的方法，其特征在于：确定所述至少一种光敏介质和固化特性包括检索关于所述至少一种光敏介质和固化特性的存储信息。

105.根据权利要求99-104中任意一项所述的方法，其特征在于：还包括基于一个或多个校准图像的所修改后的图像切片，将所述光敏介质的表面曝露于所述光源的光中，以形成一个或多个测试层。

106.根据权利要求105所述的方法，其特征在于：还包含捕捉所述一个或多个测试层的几何形状。

107.根据权利要求106所述的方法，其特征在于：还包括将所捕捉的所述一个或多个测试层的几何形状与所述一个或多个校准图像进行比较，以确定所述至少一种光敏介质和固化性质。

108.根据权利要求100-107中的任意一项所述的方法，其特征在于，还包括：

捕捉一个或多个固化层的几何形状；

将所捕捉的所述一个或多个固化层的几何形状与所述一个或多个固化层的预期几何形状进行比较；以及

根据该比较来确定至少一种光敏介质和固化特性。

109.根据权利要求107-108中的任意一项所述的方法，其特征在于：使用照相机、红外传感器、激光栅格发射器和三维(3D)扫描仪中的至少一个来捕捉所述几何形状。

110.一种铸件，其特征在于，包括：

壳体；以及

零件空位。

111.根据权利要求110所述的铸件，其特征在于：所述壳体包括内表面和壳体内部结构。

112.根据权利要求111所述的铸件，其特征在于：所述壳体内部结构包括亚毫米内部特征和微架构特征中的至少一个。

113.根据权利要求111或112所述的铸件，其特征在于：所述壳体内部结构包括格栅，桁架或管中的至少一个。

114.根据权利要求111-113中任意一项所述的铸件，其特征在于：所述壳体内部结构抗弯曲和轴向压缩坚固，而抗径向压缩脆弱。

115.根据权利要求110-114中任意一项所述的铸件，其特征在于：所述壳体选择性地抗径向压缩脆弱。

116.根据权利要求111至115中任意一项所述的铸件，其特征在于：所述壳体内部结构包括增强浸出性的特征。

117.根据权利要求111-116所述的铸件，其特征在于：所述壳体内部结构包括至少一个内部管道。

118.根据权利要求111-117所述的铸件，其特征在于：调节所述壳体内部结构以控制所述壳体中的热传递。

119.根据权利要求110-118中的任意一项所述的方法，其特征在于：所述壳体包括至少一个通道。

120.根据权利要求111至119中任意一项所述的铸件，其特征在于：所述壳体内部结构基本上是多孔的。

121.根据权利要求111-120中任意一项所述的铸件，其特征在于：所述壳体还包括外表面，所述壳体内部结构设置在所述内表面和所述外表面之间。

122.根据权利要求121所述的铸件，其特征在于：所述外表面包括一个或多个附接点。

123.根据权利要求110-122中的任意一项所述的铸件，其特征在于：还包括设置在所述零件空位内的芯体。

124.根据权利要求123所述的铸件，其特征在于：所述芯体包括表面和芯体内部结构。

125.根据权利要求124所述的铸件，其特征在于：所述芯体内部结构包括亚毫米内部特征和微架构特征中的至少一个。

126.根据权利要求124或125所述的铸件，其特征在于：所述芯体内部结构包括格栅，桁架和至少一根管中的至少之一。

127.根据权利要求124-126中任意一项所述的铸件，其特征在于：调节所述芯体内部结构以控制所述芯体中的热传递。

128.根据权利要求124-127中任意一项所述的铸件，其特征在于：所述芯体内部结构抗弯曲和轴向压缩坚固，而抗径向压缩脆弱。

129.根据权利要求123-128中的任意一项所述的铸件，其特征在于：所述芯体选择性地抗径向压缩脆弱。

130.根据权利要求124-129中任意一项所述的铸件，其特征在于：芯体内部结构包括增强所述芯体的浸出性的特征。

131.根据权利要求124-130中任意一项所述的铸件，其特征在于：所述芯体内部结构包括至少一个内部管道。

132.根据权利要求123-131中的任意一项所述的铸件，其特征在于：所述芯体包括至少一个通道。

133.根据权利要求124-132中任意一项所述的铸件，其特征在于：所述芯体内部结构基本上是多孔的。

铸造技术,铸件以及三维打印系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请基于35U.S.C.119(e)条要求2018年2月15日提交的美国临时专利申请号62/630,898的权益。上述申请的全部内容和实质通过引用整体并入本文,如同在下面充分阐述一样。

技术领域

[0003] 本申请总体上涉及铸造,并且更具体地涉及对铸造技术、铸件以及三维打印系统和方法的改进。

背景技术

[0004] 熔模铸造或“失蜡铸造”是一种成熟的金属成型技术。在传统方法中,(通常是蜡)模型形成具有中央浇口(“树干”)、各个零件模型和填充杯的“树”组件。在一些情况下,“分支”或臂可能从浇口延伸到各个零件模型。陶瓷模具(熔模)或铸件是通过涂覆树组件并粉刷(stuccoing)和硬化浆料制成的。重复涂覆,粉刷和硬化,直到熔模达到所需的厚度。然后将陶瓷模具干燥,这可能需要几天时间。陶瓷模具干燥后,将其(例如在熔炉或高压釜中)上下翻转并加热以融化和/或蒸发蜡。脱蜡过程是失败的常见原因,因为蜡的热膨胀系数比陶瓷模具大得多。因此,随着蜡的加热,它迅速膨胀并会使模具破裂。模具准备好后,将金属倒入陶瓷模具中,填充模具。可以将金属重力注入或用力压入(例如,通过施加正压)。也可以使用例如真空铸造、倾斜铸造、压力辅助浇铸和离心铸造来填充模具。金属被冷却,使铸件从冷却的金属上脱落。将零件从浇口上切下并被精加工。

[0005] 传统方法是费力且耗时的过程,可能在数小时或数天的努力后导致失败。而且,这样的方法导致了基本均匀组成的壳体尺寸的不可控。这导致不可接受的或有缺陷的铸造,造成精力的浪费和资源的浪费。

[0006] 一些相关技术方法试图利用三维(3D)打印技术直接生产陶瓷铸件来解决其中的一些问题。使用3D打印时,会将模具CAD文件提供给3D打印机系统,该系统可生成完整的陶瓷模具。普通技术人员已知用于3D打印的一些方法,例如于2013年11月11日提交的申请号为PCT/US2013/069349、公开日为2014年5月15日、公开号为WO2014/074954的PCT公开申请中讨论的方法,其公开内容以引用的方式全文并入本文,完全重述,并且根据本申请的技术其变化对于普通技术人员来说是显而易见的。

[0007] 然而,即使在3D打印的情况下,相关技术方法仍然受到限制。例如,随着金属的冷却,其经历体积收缩。如果铸件过于坚固,金属将无法根据需要收缩,并且金属零件会经历热撕裂。3D打印方法可能会由于散射、介质增长或收缩,和/或固化深度不精确而导致铸件不精确。因此,需要一种提高3D打印和熔模铸造的效率和灵活性的方法。

附图说明

[0008] 现在参照附图,其示出了本申请的各种实现方式和方面,并且与说明书一起,用来

解释本申请的原理,附图未必按比例绘制,其被并入本申请内容并构成本申请内容的一部分。其中:

[0009] 图1是传统的3D物体熔模铸造的流程图。

[0010] 图2-5根据示例实施例,示出了示例性3D打印系统的透视图。

[0011] 图6A和6B根据示例实施例,示出了圆筒形铸件的透视图和俯视图。

[0012] 图7根据示例实施例,示出了铸件壳体。

[0013] 图8根据示例实施例,示出了铸件芯体。

[0014] 图9-16根据示例实施例,示出了方法的流程图。

[0015] 图17是计算机设备架构图。

发明内容

[0016] 根据一些实施例,本申请提供了一种用于制造三维物体的系统,该系统包括:光学光源;储层,其配置成容纳液态光敏介质,该液态光敏介质适于在曝露于来自光学成像系统的一部分光中时改变状态;以及控制系统,其被配置为控制光学光源以将储层中容纳的光敏介质的表面的特定部分曝露于来自光源的光中。控制系统可以进一步被配置为控制光学光源以将容纳在储层中的光敏介质的表面重复地曝露于来自光源的光中,来构建所需物体的层。

[0017] 所需物体可以是铸件并且可以包括壳体。壳体可以包括内表面和壳体内部结构。壳体内部结构可以包括亚毫米内部特征和微架构特征中的至少一个。壳体内部结构可以包括格栅或桁架(truss)中的至少一个。壳体内部结构可包括至少一根管。壳体内部结构可以抗径向压缩脆弱而抗弯曲和轴向压缩坚固。

[0018] 壳体可以选择性地抗径向压缩脆弱。壳体内部结构可以包含增强浸出性的特征。壳体内部结构可包括至少一个内部管道。壳的内部结构基本上是多孔的。壳体可包括至少一个通道。

[0019] 壳体可以进一步包括外表面,壳体内部结构设置在内表面和外表面之间。外表面可包括一个或多个附接点。

[0020] 控制系统可以进一步被配置为:接收铸件设计;确定壳体所需的壳体附接点;并修改铸件设计以包括所需的附接点。控制系统可以进一步被配置为:接收铸件设计;确定壳体所需的壳体内部结构;以及修改铸件设计以包括所需的壳体内部结构。控制系统可以进一步被配置为控制光学光源,以根据修改的铸件设计将容纳在储层中的光敏介质的表面重复地曝露于来自光源的光中,来构建铸件的层。

[0021] 铸件可以进一步包括芯体。芯体可包括表面和芯体内部结构。芯体内部结构可以包括亚毫米内部特征和微架构特征中的至少之一。芯体内部结构可以包括格栅或桁架中的至少一个。芯体内部结构可包括至少一根管。芯体内部结构可以抗径向压缩脆弱而抗弯曲和轴向压缩坚固。芯体可选择性地抗径向压缩脆弱。

[0022] 芯体的内部结构包括增强芯体的浸出性的特征。芯体内部结构包括至少一个内部管道。芯体可以包括至少一个通道。芯体的内部结构可以基本上是多孔的。

[0023] 调节壳体内部结构和芯体内部结构中的至少一个以控制壳体或芯体中的热传递。

[0024] 控制系统可以进一步被配置为:接收铸件设计;确定芯体所需的芯体内部结构;并

修改铸件设计以包括所需的芯体内部结构。控制系统可以进一步被配置为控制光学光源，以根据修改的铸件设计将容纳在储层中的光敏介质的表面暴重复地露于来自光源的光中，来构建铸件的层。

[0025] 该系统可以进一步包括沉积器，该沉积器配置为在构建表面上沉积一种或多种第二物质。沉积器可包括关节臂。沉积器可以包括喷墨打印机，该喷墨打印机被配置为在构建表面上打印第二物质。

[0026] 该系统可以进一步包括XY扫描台，沉积器安装在XY扫描台上。该系统可以进一步包括XY扫描轨道，沉积器安装在XY扫描轨道上。

[0027] 一种或多种第二物质包括光抑制剂、光引发剂、单体和一种或多种第二光聚合悬浮液中的至少一种，该一种或多种第二光聚合悬浮液与光敏介质不同。光抑制剂可以包括吸光染料。

[0028] 控制系统可以进一步被配置为控制沉积器以选择性地在构建表面上沉积一种或多种第二物质。所述控制系统可以进一步被配置为控制沉积器选择性地沉积光抑制剂，以限制光抑制剂下方的光敏介质的固化。所述控制系统可以进一步被配置为控制沉积器在构建的当前层的边缘周围选择性地沉积光抑制剂。控制系统可以进一步被配置为控制沉积器以选择性地沉积光引发剂，来局部增加光引发剂下方的光敏介质的光固化反应性。所述控制系统可以进一步被配置为控制沉积器以选择性地沉积一种或多种第二光聚合悬浮液以在固化时提供多层的物体。控制系统可以进一步被配置为控制沉积器以在施加光敏介质的当前层之后但在固化光敏介质的当前层之前，在构建表面上选择性地沉积一种或多种第二光聚合悬浮液。控制系统可以进一步配置成控制沉积器以在固化光敏介质的前一层之后，但是在施加光敏介质的当前层之前，在构建表面上选择性地沉积一种或多种第二光聚合悬浮液。

[0029] 所述控制系统可以进一步被配置为：确定至少一种光敏介质和固化特性；基于该至少一种光敏介质和固化特性来修改图像切片；并且基于修改后的图像切片，控制光学光源以将储层中容纳的光敏介质的表面的特定部分曝露于来自光源的光中。所述控制系统可以进一步被配置为：确定至少一种光敏介质和固化特性；以及并且基于该至少一种光敏介质和固化特性来改变光源的强度。

[0030] 光敏介质和固化特性包括光散射、侧向散射、收缩、透印、固化膨胀，聚合收缩、烧结收缩、光敏介质的悬浮液的增宽行为、悬浮介质的光学性能、悬浮介质的吸收系数、悬浮介质的折射率、悬浮液中粉末的光学特性、悬浮液中粉末的吸收率、悬浮液中粉末的折射率、粉末粒度分布、后续加工和/或热处理导致的变化中的至少一种。

[0031] 修改图像切片可以包括对图像切片进行正和/或负边界校正以及为图像切片的角点(corner)插入栓孔(keyhole)的至少一项。

[0032] 控制系统可以进一步被配置为通过执行基于物理的模拟去估计至少一种光敏介质和固化特性，从而确定至少一种光敏介质和固化特性。所述控制系统可以进一步被配置为通过检索关于所述至少一种光敏介质和固化特性的存储信息来确定所述至少一种光敏介质和固化特性。

[0033] 控制系统可以进一步被配置为基于一个或多个校准图像去控制光学成像系统以将容纳在储层中的光敏介质的表面的特定部分曝露于来自光源的光中，来形成一个或多个

测试层。该系统可以进一步包括一个或多个图像捕捉设备。控制系统可以进一步被配置为控制一个或多个图像捕捉设备以捕捉一个或多个测试层的几何形状。所述控制系统可以进一步被配置为将所捕捉的一个或多个测试层的几何形状与所述一个或多个校准图像进行比较，以确定所述至少一种光敏介质和固化特性。

[0034] 控制系统可以进一步被配置为：控制一个或多个图像捕捉设备以捕捉一个或多个固化层的几何形状；比较所捕捉的一个或多个固化层的几何形状与所述一个或多个固化层的预期几何形状；并基于该比较确定至少一种光敏介质和固化特性。

[0035] 一个或多个图像捕捉设备可以包括相机、红外传感器、激光栅格发射器和三维(3D)扫描仪中的至少一个。

[0036] 根据一些实施例，本发明提供了一种方法，包括：确定当前层的几何形状；控制光学光源，以使光敏介质表面的特定部分曝露于与当前层的几何形状一致的来自光源的光中。该方法可以进一步包括将光敏介质的表面重复地曝露于来自光源的光中，以构建所需物体的多个层。所需物体可以包括具有壳体的铸件。

[0037] 壳体可以包括内表面和壳体内部结构。该方法可以进一步包括将光敏介质的表面重复地曝露于来自光源的光中以构建包括壳体内部结构的壳体。壳体内部结构可以包括亚毫米内部特征和微架构特征中的至少一个。壳体内部结构可以包括格栅，桁架或管中的至少一种。壳体内部结构可以抗径向压缩脆弱而抗弯曲和轴向压缩坚固。壳体可以选择性地抗径向压缩脆弱。

[0038] 壳体内部结构包括增强浸出性的特征。壳体内部结构可包括至少一个内部管道。可以调节壳体内部结构以控制壳体中的热传递。

[0039] 壳体可以包括至少一个通道，并且该方法可以进一步包括将光敏介质的表面重复地曝露于来自光源的光中以构建包括至少一个通道的壳体。

[0040] 该方法可以进一步包括将光敏介质的表面反复曝露于来自光源的光以构建壳体，使得壳体内部结构基本上是多孔的。

[0041] 壳体可以进一步包括外表面，壳内部结构设置在内表面和外表面之间。该方法可以进一步包括将增强材料施加到外表面。外表面可包括一个或多个附接点。该方法可以进一步包括将包裹剂包裹在壳体周围。

[0042] 该方法可以进一步包括：接收铸件设计；确定壳体所需的附接点；以及修改铸件设计以包括所需的附接点。该方法可以进一步包括：接收铸件设计；以及确定壳体所需的壳体内部结构；并修改铸件设计以包括所需的壳体内部结构。该方法可以进一步包括根据修改的铸件设计将光敏介质的表面重复地曝露于来自光源的光中以构建铸件。

[0043] 铸件可以进一步包括芯体。芯体可以包括表面和芯体内部结构，并且该方法可以进一步包括将光敏介质的表面反复曝露于来自光源的光中以构建包括芯体内部结构的铸件。

[0044] 芯体内部结构可以包括亚毫米内部特征和微架构特征中的至少一个。芯体内部结构可包括格栅、桁架和至少一根管中的至少一种。可以调节芯体内部结构以控制芯体中的热传递。芯体内部结构可以内部结构可以抗径向压缩脆弱而抗弯曲和轴向压缩坚固。芯体可选择性地抗径向压缩脆弱。

[0045] 芯体内部结构可以包括增强芯体浸出性的特征。芯体内部结构可包括至少一个内

部管道。芯体可以包括至少一个通道。芯体内部结构可以基本上是多孔的。

[0046] 该方法可以进一步包括:接收铸件设计;确定芯体所需的芯体内部结构;修改铸件设计以包括所需的芯体内部结构;以及根据改进的铸件设计,使光敏介质的表面反复曝露于来自光源的光中,以铸成铸件。

[0047] 该方法可以进一步包括在构建表面上沉积一种或多种第二物质。一种或多种第二物质由沉积器沉积。沉积器可包括下述中的至少一个:关节臂、配置为在构建表面上打印第二物质的喷墨打印机、XY扫描台、以及XY扫描轨道。一种或多种第二种物质可以包括光抑制剂、光引发剂、单体和一种或多种第二光聚合悬浮液中的至少一种,该一种或多种第二光聚合悬浮液与光敏介质不同。光抑制剂可以包括吸光染料。

[0048] 该方法可以进一步包括选择性地沉积光抑制剂以限制光抑制剂下方的光敏介质的固化。该方法可以进一步包括在所构建的当前层的边缘周围选择性地沉积光抑制剂。该方法可以进一步包括选择性地沉积光引发剂以局部增加光引发剂下方的光敏介质的光固化反应性。该方法可以进一步包括沉积一种或多种第二光聚合悬浮液以在固化时提供多层的物体。该方法可以进一步包括在施加光敏介质的当前层之后,但是在固化光敏介质的当前层之前,在构建表面上选择性地沉积一种或多种第二光聚合悬浮液。该方法可以进一步包括在固化光敏介质的前一层之后,但是在施加光敏介质的当前层之前,在构建表面上选择性地沉积一个或多个第二光聚合悬浮液。

[0049] 该方法可以进一步包括:确定至少一种光敏介质和固化特性;基于该至少一种光敏介质和固化特性来修改图像切片;以及基于修改后的图像切片,使光敏介质的表面曝露于来自光源的光中。

[0050] 该方法可以进一步包括:确定至少一种光敏介质和固化特性;以及基于该至少一种光敏介质和固化特性来改变光源的强度。

[0051] 光敏介质和固化特性可以包括光散射、侧向散射、收缩、透印、固化膨胀、聚合收缩、烧结收缩、光敏介质的悬浮液的增宽行为、悬浮介质的光学性能、悬浮介质的吸收系数、悬浮介质的折射率、悬浮液中粉末的光学特性、悬浮液中粉末的吸收率、悬浮液中粉末的折射率、粉末粒度分布、后续加工和/或热处理导致的变化中的至少一种。

[0052] 修改图像切片可以包括对图像切片进行正和/或负边界校正以及为图像切片的角点插入栓孔中的至少一项。

[0053] 确定至少一种光敏介质和固化特性可以包括执行基于物理的模拟以估计至少一种光敏介质和固化特性。确定该至少一种光敏介质和固化特性可以包括检索关于该至少一种光敏介质和固化特性的存储信息。

[0054] 该方法可以进一步包括基于根据一个或多个校准图像的修改后的图像切片将光敏介质的表面曝露于来自光源的光中,以形成一个或多个测试层。该方法可以进一步包括捕捉一个或多个测试层的几何形状。该方法可以进一步包括将一个或多个测试层的所捕捉的几何形状与一个或多个校准图像进行比较,以确定至少一种光敏介质和固化特性。该方法可以进一步包括:捕捉一个或多个固化层的几何形状;比较所捕捉的一个或多个固化层的几何形状与该一个或多个固化层的预期几何形状;根据该比较确定至少一种光敏介质和固化特性。可以使用相机、红外传感器、激光栅格发射器和三维(3D)扫描仪中的至少一种来捕捉几何形状。

[0055] 根据一些实施例，提供了一种铸件，其包括：壳体；以及一零件空位。壳体可以选择性地抗径向压缩脆弱。壳体可包括至少一个通道。

[0056] 壳体可以包括内表面和壳体内部结构。壳体内部结构可以包括亚毫米内部特征和微架构特征中的至少一个。壳体内部结构可以包括格栅、桁架或管中的至少一种。壳体内部结构可以抗径向压缩脆弱而抗弯曲和轴向压缩坚固。壳体内部结构可以包含增强浸出性的特征。壳体内部结构可包括至少一个内部管道。可以调节壳体内部结构以控制壳中的热传递。壳体内部结构可以基本上是多孔的。

[0057] 壳体可以进一步包括外表面，壳体内部结构设置在内表面和外表面之间。外表面可包括一个或多个附接点。

[0058] 铸件还可包括设置在零件空位内的芯体。芯体可选择性地抗径向压缩脆弱。芯体可以包括至少一个通道。

[0059] 芯体可包括表面和芯体内部结构。芯体内部结构可以包括亚毫米内部特征和微架构特征中的至少一个。芯体内部结构可包括格栅、桁架和至少一根管中的至少一个。可以调节芯体内部结构以控制芯体中的热传递。芯体内部结构可以抗径向压缩脆弱而抗弯曲和轴向压缩坚固。芯体内部结构可以包括增强芯体浸出性的特征。芯体内部结构可包括至少一个内部管道。芯体内部结构可以基本上是多孔的。

具体实施方式

[0060] 参照附图来更充分地描述本申请的一些实施方式。然而，本申请可以用许多不同的形式来实现，并且不应被解释为限于这里阐述的实施方式。在下文中描述为构成本申请的各种元素的组件旨在是说明性的而非限制性的。与本文描述的组件执行相同或相似功能的许多合适的组件旨在包含在本申请的设备、系统和方法的范围内。本文中未描述的此类其他组件可以包括但不限于例如在本申请披露之后开发的组件。

[0061] 还应理解，提及一个或多个方法步骤并不排除另外的方法步骤的存在或在明确指出的那些步骤之间插入其它方法步骤。同样地，还应理解，提及设备或系统中的一个或多个组件并不排除在明确指出的那些组件之间存在其他组件或中间组件。

[0062] 图1是根据传统的三维物体熔模铸造的流程图5。例如，图1中所示的流程图5可以用于制造涡轮机翼型；具有极复杂内部冷却管道的涡轮机翼型通常是通过熔模铸造生产的。图1的方法开始于制造用于铸造物品的芯体、图案、模具和安装器所必需的全部工具10的创建，通常每个项目涉及上千个工具。下一步涉及通过注模制造12陶瓷芯体。熔融蜡也可以被注模14以限定物体形状用的图案。然后将几种这样的蜡图案组装16成蜡图案组件或树。然后使图案组件经受多轮的浆料涂覆18和粉刷20，以形成完整的模具组件。然后将模具组件放入高压釜中进行脱蜡22。结果得到中空的陶瓷壳体模具，将熔融金属倒入其中，以形成铸件24。凝固后，使陶瓷模具脱离，并从中分离出各个金属铸件。接下来在发货34之前对铸件进行精加工26、28、30和探伤32。

[0063] 图2示出了示例性3D打印系统的平面图。用于制造三维物体的3D打印系统100a包括光学成像系统200。光学成像系统200或辐射系统包括光源205，反射器系统210，光学透镜系统215，反射镜225(例如数字微镜装置(DMD))和投影透镜230。光源205可以发光，从而提供光。本发明的各种实施例可以包括光源，该光源包括紫外光、紫光、蓝光、绿光、光化光等

中的任何一种。在示例性实施例中，光源在UV光谱中具有特定的预定波长。这里，本发明的实施例可以被描述为UV光源，但是本发明的实施例不限于这种光源，并且可以采用包括所公开的示例中的其他光源。

[0064] 从光源205发射的光可以投射到反射器系统210的一部分上，并从反射器系统210反射，该反射器系统210可以包括凹形反射器211。反射器系统210的反射器211引导光束在到达DMD 225之前通过光学透镜系统215的透镜216。接下来，来自DMD 225的光被引向投影透镜230。然后，来自投影透镜230的光被投射到光敏介质的表面290上。光源205和DMD 225可以由控制器260(例如配置为控制3D打印系统的硬件和/或软件)控制。控制器260可以动态地控制DMD 225和光源205以自定义3D打印物品。在一些情况下，光源205和DMD 225可以向控制器260提供反馈。

[0065] 图3示出了3D打印系统100b的示例实施例的透视图，该系统包括将光源发射到光敏介质的给定表面290上的光学成像系统200。可以认为3D打印系统100b是基于SLM的CtCP扫描无掩模成像系统的示意图。

[0066] 在一个实施例中，光源205(例如紫外线光源205)可以是汞蒸气灯、氙气灯、紫激光二极管、二极管泵浦固态激光器、三倍频Nd:YAG激光器、XeF准分子激光器等等。紫外线光源205可以照亮SLM 225或SLM 225阵列，例如1乘2阵列，使得从SLM 225阵列的开启(ON)像素反射的光束耦合到投影透镜中，而来自关闭(OFF)像素的光束被引导远离该透镜。对SLM 225的元件，例如DMD 225可以通过来自计算机(例如计算机系统330)的数据(例如CAD数据)进行单独控制，从而可以快速，可编程地选择大量的激光照射位点。在一些情况下，SLM 225的元件大小可能约为15微米(μm)平方。DMD 225可以通过其双稳态镜配置来调制照明，该双稳态镜配置在开启(ON)状态下将反射的光线导向投影透镜，而在关闭(OFF)状态下引导光线远离透镜。

[0067] 从光源205发射的光可以投射到反射器系统210的一部分上，并从反射器系统210反射，该反射器系统210可以包括凹形反射器211。来自反射器系统210的光可以被引导通过光学透镜系统215的透镜216。然后，光可以在到达SLM 225之前从次镜220反射。接下来，将来自SLM 225的光引导向投影透镜230。然后，将投影透镜230的光投射在光敏介质的表面290上。

[0068] 整个光学成像系统200可以安装在XY扫描台上，该扫描台的行进跨越(spanning)区域很大，例如有数百毫米。随着光学成像系统200在介质，例如基板290的不同区域上进行扫描，投影透镜230以适当的放大或缩小将SLM阵列的ON像素直接成像到基板290上。

[0069] 光敏介质可以设置在材料构建平台(MBP)300中。MBP300可以包括用作构建体积302的容器305。MBP 300可以包含安装在高精度z平移台308上的构建基板，用于在例如使用光敏介质约25微米(和更大)厚度的层中构建物体。当三维物体的特征尺寸需要时，可以形成较薄的光敏介质层。同样地，当三维物体的特征尺寸大时，可以使用较厚的光敏介质层。作为示例，整个构建体积302的总体尺寸可以是大约24英寸(X)乘24英寸(Y)乘16英寸(Z)(24”×24”×16”)。平台308的构建表面可以由精密机加工的板材制成，并且可以位于构建体积302内(即在MBP的内部)，并且可以安装在用于在Z方向上运动的精密线性运动台上。在零件的制造过程中，构建表面可能会逐渐向下移动一个距离，该距离等于正在构建的零件的层厚度。控制系统330可以控制该向下运动。

[0070] 材料重涂系统(MRS)320在材料构建平台300的整个内部(例如,在计算机系统330的控制下)沉积均匀(或接近均匀)厚度的光敏介质层,而不会干扰先前构建的层。一旦形成了新的光敏介质层,聚焦和对准光学器件就可以确保介质表面位于投影透镜的焦平面上,并在必要时在Z方向进行精调。完成此步骤后,LAMP处理会重复构建下一层以及输送新树脂的循环,直到完成整个构建。

[0071] MRS 320可以包括涂覆装置325,其可以是但不限于钢丝麦勒刮涂棒(wire-wound Mayer draw-down bar)、逗号涂布棒、或刀刃或浆料分配系统。MRS 320可以包含一个涂覆设备,该设备能够以0.25微米或更薄(取决于介质和/或各种配置)的变化来涂覆大约2.5微米薄的涂层。MRS 320可以被设计为连续地沉积光敏介质层。在零件构建期间,在完成层曝光之后,MRS 320可以在计算机系统330的控制下快速扫过整个构建区域的介质。MRS 320可以采用卷绕涂布(web-coating)行业的原理,其中,各种加载了微粒的配方的极薄且均匀的涂层(在几微米的数量级)被沉积在固定的、平坦的或柔性的基材上。

[0072] 图4示出了3D打印系统100c的示例实施例的透视图,该系统包括将光源发射到光敏介质的给定表面290上的光学成像系统200。除了图4的3D打印系统100c还包括沉积器440之外,图4与图3基本类似。

[0073] 在一个实施例中,光源205(例如,紫外线光源205)可以是汞蒸气灯、氙气灯、紫激光二极管、二极管泵浦固态激光器、三倍频Nd:YAG激光器、XeF准分子激光器等等。紫外线光源205可以照亮SLM 225或SLM 225阵列,例如1乘2阵列,使得从SLM 225阵列的ON像素反射的光束耦合到投影透镜中,而来自OFF像素的光束被引导远离透镜。SLM 225的元件,例如DMD 225可以通过来自计算机(例如计算机系统330)的数据(例如CAD数据)进行单独控制,从而可以快速,可编程地选择大量用于激光照射的位点。在一些情况下,SLM 225的元件大小可能约为15微米(μm)平方。DMD 225可以通过其双稳态镜配置来调制照明,该双稳态镜配置在开启状态下将反射的照明光引导向投影透镜,而在关闭状态下引导照明光远离透镜。

[0074] 从光源205发射的光可以投射到反射器系统210的一部分上,并从反射器系统210反射,该反射器系统210可以包括凹形反射器211。来自反射器系统210的光可以被引导通过光学透镜系统215的透镜216。然后,光可以在到达SLM 225之前从次镜220反射。接下来,将来自SLM 225的光引导向投影透镜230。然后,将来自投影透镜230的光投射在光敏介质的表面290上。

[0075] 整个光学成像系统200可以安装在XY扫描台上,该扫描台的行进跨越区域很大,例如有数百毫米。随着光学成像系统200在介质,例如基板290的不同区域上进行扫描,投影透镜230以适当的放大或缩小,以将SLM阵列的ON像素直接成像到基板290上。

[0076] 光敏介质可以设置在材料构建平台(MBP)300中。MBP300可以包括用作构建体积302的容器305。MBP300可以包含安装在高精度z平移台308上的构建基板,以在例如使用光敏介质的约25微米(和更大)厚度的层中构建物体。当三维物体的特征尺寸需要时,可以形成较薄的光敏介质层。同样地,当三维物体的特征的尺寸大时,可以使用较厚的光敏介质层。作为示例,整个构建体积302的总体尺寸可以是大约24英寸(X)乘24英寸(Y)乘16英寸(Z)(24”×24”×16”)。平台308的构建表面可以由精密机加工的板材制成,并且可以位于构建体积302内(即在MBP的内部),并且可以安装在用于在Z方向上运动的精密线性运动台上。在零件的制造过程中,构建表面可能会逐渐向下移动一个距离,该距离等于在构建的零件

的层厚度。控制系统330可以控制该向下移动。

[0077] 材料重涂系统(MRS)320在材料构建平台300的整个内部(例如,在计算机系统330的控制下)沉积均匀(或接近均匀)厚度的光敏介质层,而不会干扰先前构建的层。一旦形成了新的光敏介质层,聚焦和对准光学器件就可以确保介质表面位于投影透镜的焦平面上,并在必要时在Z方向进行精调。完成此步骤后,LAMP处理会重复构建下一层以及输送新树脂的循环,直到完成整个构建。

[0078] MRS 320可以包括涂覆装置325,该涂覆装置325可以是但不限于钢丝麦勒刮涂棒、逗号涂布棒、或刀刃或浆料分配系统。MRS 320可以包含一个涂覆设备,该设备能够以0.25微米或更薄(取决于介质和/或各种配置)的变化来涂覆大约2.5微米薄的涂层。MRS 320可以被设计为相继沉积光敏介质层。

[0079] 当通过MRS 320分配一层浆料时,沉积器440可以将非反应性材料沉积到表面的选定部分上。该材料可以包括光抑制剂(例如吸收染料),例如墨水,以限制和/或防止由于曝露于光源中引起的下面的浆料的凝固。该材料可以包括光引发剂以局部增加来自光源的光的固化能力和/或深度。但是,这仅是示例性的。沉积器可以利用喷嘴445沉积材料。尽管沉积器440被描述为关节臂,但这仅是示例。在一些情况下,沉积器440可以安装在具较大行程跨越区域,例如整个表面290的XY扫描台和/或轨道上。此外,尽管沉积器440被描述为在MRS330施加浆料涂层后沉积材料,但这仅是示例。在一些情况下,沉积器440可以在涂覆之前将材料(例如染料)沉积在例如后退表面的边缘上。

[0080] 根据一些实施方式,代替(或除了)施加吸收剂和/或光引发剂,沉积器440可以沉积第二光聚合悬浮液。例如,沉积器440可以将一层或多层第二光聚合悬浮液喷涂或喷墨打印到先前扫过的层的表面上。新施加的第二可光聚合悬浮液可以保留为不同的表面层,并且在光聚合后可以提供双层或异质层状的产品。这种多层产品可以提供比同质产品更多的好处。在一些情况下,可在光聚合之前喷涂或喷墨打印多层光聚合悬浮液以获得所需的构建层厚。每层可以具有不同的均匀组成。另外,在每个层内(例如在每个固化层内),可以存在平面内的组成变化。

[0081] 下文将参考图10-13更详细地讨论沉积器440的示例性功能和/或使用。

[0082] 在零件构建期间,在完成某层的曝光之后,MRS 320可以在计算机系统330的控制下快速将介质扫过构建区域。MRS 320可以采用卷绕涂布行业的原理,其中,各种加载了微粒的配方的极薄且均匀的涂层(几微米的数量级)被沉积在固定的、平坦的或柔性的基材上。

[0083] 图5示出了3D打印系统100d的示例实施例的透视图,该系统包括将光源发射到光敏介质的给定表面290上的光学成像系统200。除了图4的3D打印系统100d还包括一个或多个图像捕捉设备(例如,照相机)550之外,图5与图3基本类似。

[0084] 在一个实施例中,光源205(例如,UV光源205)可以是汞蒸气灯、氙气灯、紫激光二极管、二极管泵浦固态激光器、三倍频Nd:YAG激光器、XeF准分子激光器等等。UV光源205可以照亮SLM 225或SLM 225阵列,例如1乘2阵列,使得从SLM 225阵列的ON像素反射的光束耦合到投影透镜中,而来自OFF像素的光束被导出远离透镜。SLM 225的元件,例如DMD 225可以通过来自计算机(例如计算机系统330)的数据(例如CAD数据)进行单独控制,从而可以快速,可编程地选择大量用于激光照射的位点。在一些情况下,SLM 225的元件大小可能约为

15微米(μm)平方。DMD 225可以通过其双稳态镜配置来调制照明,该双稳态镜配置在开启状态下将反射的照明光导向投影透镜,而在关闭状态下引导照明光远离透镜。

[0085] 从光源205发射的光可以投射到反射器系统210的一部分上,并从反射器系统210反射,该反射器系统210可以包括凹形反射器211。来自反射器系统210的光可以被引导通过光学透镜系统215的透镜216。然后,光可以在到达SLM 225之前从次镜220反射。接下来,将来自SLM 225的光引导向投影透镜230。然后,将投影透镜230的光投射在光敏介质的表面290上。

[0086] 整个光学成像系统200可以安装在XY扫描台上,该扫描台的行进跨越区域大,例如有数百毫米。随着光学成像系统200在介质的不同区域例如基板290上进行扫描,投影透镜230以适当的放大或缩小将SLM阵列的ON像素直接成像到基板290上。

[0087] 光敏介质可以设置在材料构建平台(MBP)300中。MBP300可以包括用作构建体积302的容器305。MBP 300可以包含安装在高精度z平移台308上的构建基板,用于在例如使用光敏介质的约25微米(和更大)厚度的层中构建物体。当三维物体的特征尺寸需要时,可以形成较薄的光敏介质层。同样地,当三维物体的特征尺寸较大时,可以使用较厚的光敏介质层。作为示例,整个构建体积302的总体尺寸可以是大约24英寸(X)乘24英寸(Y)乘16英寸(Z)(24”×24”×16”)。平台308的构建表面可以由精密机加工的板材制成,并且可以位于构建体积302内(即在MBP的内部),并且可以安装在用于在Z方向上运动的精密线性运动平台上。在零件的制造过程中,构建表面可能会逐渐向下移动一个距离,该距离等于在构建的零件的层厚度。控制系统330可以控制该向下运动。

[0088] 材料重涂系统(MRS)320在材料构建平台300的整个内部(例如,在计算机系统330的控制下)沉积均匀(或接近均匀)厚度的光敏介质层,而不会干扰先前构建的层。一旦形成了新的光敏介质层,聚焦和对准光学器件就可以确保介质表面位于投影透镜的焦平面上,并在必要时在Z方向进行精调。完成此步骤后,LAMP处理会重复构建下一层以及输送新树脂的循环,直到完成整个构建。

[0089] MRS 320可以包括涂覆装置325,其可以是但不限于钢丝麦勒刮涂棒、逗号涂布棒、或刀刃或浆料分配系统。MRS 320可以包含一个涂覆设备,该设备能够以0.25微米或更薄(取决于介质和/或各种配置)的变化来涂覆大约2.5微米薄的涂层。MRS 320可以被设计为相继沉积光敏介质层。在零件构建期间,在完成层曝光之后,MRS 320可以在计算机系统330的控制下快速扫过整个构建区域的介质。MRS 320可以采用卷绕涂布行业的原理,其中,各种加载了微粒的配方的极薄且均匀的涂层(在几微米的数量级)被沉积在固定的、平坦的或柔性的基材上。

[0090] 图像捕捉设备550可以采集图像数据和/或凝固层的尺寸。例如,图4的3D打印系统100可以包括构建测试结构以确定浆料的特征或特性(例如光散射、光穿透、凝固时浆料收缩和/或凝固时浆料生长)。图像捕捉设备500可以捕捉从测试程序生成(例如根据计算机系统330执行)的层的图像数据,并且计算机系统330可以确定浆料的材料特性。基于此,计算机系统330可以改变投影的图像切片和/或光特征。作为非限制性示例,图像捕捉设备550可以包括红外传感器、激光栅格发射器等。

[0091] 在一些实施方式中,图像捕捉设备550可以捕捉打印层的图像,并且计算机系统330可以确定和/或监视随时间变化的浆料特征。基于此,计算机系统330可以改变投影的图

像切片和/或光特征。

[0092] 如本领域普通技术人员将理解的，在一些情况下，图像捕捉设备550可以与沉积器440结合使用，或者分开使用，或者改善沉积器440对所选材料的放置。下文将参考图10和11更详细地讨论图像捕捉设备550的示例性功能和/或使用。

[0093] 除非明确说明或由于特定要求而不可能，否则，如本领域普通技术人员将根据本发明内容所理解的，图2-4的3D打印系统100中的每一个都可用于产生包括本文所述的各种内部结构和锚固点的各种铸件和/或结构。

[0094] 铸件架构

[0095] 一些铸件需要中空和/或凹形结构。为了形成这样的结构，铸件必须具有芯体。当金属凝固时，它会发生体积收缩和围绕芯体回缩。芯体必须足够刚性，以在金属钻孔过程中保持坚固，但又必须足够脆弱以使得当金属收缩时，它会被冷却金属压缩或压碎。如果芯体过于刚性，则可能会出现铸造缺陷，例如热撕裂，重结晶和其他缺陷。此外，凝固完成后，可能需要清除芯体的残留物。传统上，这是通过喷水或用苛性碱溶液浸出(例如苛性碱浸出)来完成的。本申请的各方面在传统铸件的这些方面上进行了改进。

[0096] 图6A和6B提供了根据示例实施例的铸件600的透视图和俯视图。铸件600包括壳体610和芯体620。在壳体610和芯体620之间是零件体积630。在铸造期间，例如通过重力浇铸、施加正气压、真空铸造、倾斜铸造、压力辅助浇铸、离心铸造等用液态金属填充零件体积630。当金属冷却时，它回缩并向芯体620以及在某种程度上对壳体610施加压力。一旦金属回缩到某一程度，芯体610至少会被部分压碎，从而防止金属热撕裂。

[0097] 在一些实施例中，壳体610和/或芯体620可以包括内部结构，例如亚毫米内部特征和/或微架构。例如，如图7所示，壳体610包括内表面612和内部结构616。如图7所示，内部结构616是格栅或桁架。如本领域普通技术人员将理解的那样，内部结构616可具有各种格栅形式和/或图案以提供预定的机械性能。例如，壳体610必须足够牢固/刚性以承受浇铸，但是又必须足够脆弱以在金属冷却时破碎。

[0098] 在一些情况下，壳体610可以具有多个内部结构，该内部结构被配置为通过冷却金属在预定点的回缩而破裂(例如被压碎)。在一些实施例中，壳体610还包括外表面614，例如夹心结构或夹心蜂巢结构。在一些实施例中，可以在内部结构616的外部提供锚固结构。例如，3D打印的壳体可被覆盖在灰泥中(例如浸入或喷涂)，以及覆盖在沙子中，以形成较厚的壳体610壁。在一些情况下，包裹剂(例如陶瓷棉或布)可以包裹在铸件壳体610周围。锚固点可以用于增强该包裹对壳体610的“抓取”。

[0099] 此外，在一些实施例中，内部结构616可以包括增强浸出性的特征(例如微架构特征)。例如，内部结构616可以借助于内部管道(例如通道)促进浸出溶液的进入。为此，在一些实施例中，壳体610可以设计成具有多孔内部结构，该多孔内部结构可以使壳体610暴露于浸出剂的表面积显著大于实心壳体610，从而促进快速溶解。同样地，内部结构616例如内部管道或格栅结构可以使壳体610更容易通过喷水去除，例如通过提供与喷出的水接触的其它表面积和/或提供在喷水时有助于破碎的结构。

[0100] 在一些情况下，在3D打印后，内表面612可能涂覆有其他物质。例如，壳体610可以浸入渗透，使得内表面612涂覆有不同的材料。例如，内表面612可以用增强材料或单独的陶瓷材料涂覆或渗透，以促进铸造零件的特定微结构。例如，一些陶瓷材料例如铝酸钴，促使

铸造材料形成特定的晶体结构(例如多晶结构)。在一些实施例中,表面涂层例如三氧化二钇(氧化钇)和硅酸盐可以涂覆内表面612。

[0101] 如图8所示,芯体620包括表面622和内部结构626。如图8所示,内部结构626是格栅或桁架。如本领域普通技术人员将理解的那样,内部结构626可以具有各种格栅形式和/或图案以提供预定的机械性能。例如,芯体620必须足够牢固/坚固以承受浇铸,但是又必须足够脆弱以在金属冷却时破碎。

[0102] 在一些情况下,芯体620可以具有多个内部结构,该多个内部结构被配置为通过冷却金属在预定点的回缩而破裂(例如被压碎)。在一些实施例中,内部结构626可以被配置为基本上均匀地失效(例如“被压碎”)。

[0103] 此外,在一些实施例中,内部结构626可以包括增强浸出性的特征(例如微架构特征)。例如,内部结构626可通过内部管道(例如通道)促进浸出溶液的进入。为此,在一些实施例中,芯体620可以设计成具有多孔内部,该多孔内部可以使芯体620曝露出的反应表面积显著大于实心芯体620,以促进快速溶解。同样地,内部结构626,例如内部管道或格栅结构,可以通过喷水,例如通过提供与喷出的水接触的其它表面积,和/或提供在喷水时有助于破碎的结构,使芯体620更容易被去除。

[0104] 在一些情况下,在3D打印后,表面622可涂覆有其他物质。例如,芯体620可以浸入渗透,使得表面622涂覆有不同的材料。例如,表面622可以用增强材料或单独的陶瓷材料涂覆或渗透,以促进铸造零件的特定微结构。例如,一些陶瓷材料例如铝酸钴,促使金属在冷却时形成特定的晶体结构(例如核化或多晶结构)。在一些实施例中,表面涂层比如三氧化二钇(氧化钇)和硅酸盐可以覆盖表面622。

[0105] 在一些实施例中,内部结构616和/或内部结构626的微架构的设计促进了壳体610和芯体620的扭转和弯曲刚度,同时保持陶瓷芯体620对压缩力的脆性。此外,在一些实施例中,微架构陶瓷芯体可以包括增强浸出性的特征。在一些实施例中,可通过内部架构设计来增强可浸出性,该内部架构设计通过内部管道促进浸出溶液的进入。为此,在一些实施方案中,芯体可以设计成具有多孔内部,该内部可以曝露出的反应表面积显著大于实心芯体,以促进快速溶解。

[0106] 在一些实施例中,内部结构616和/或内部结构626一定程度上可以是拓扑结构的管。如本领域的普通技术人员将理解的那样,管状设计可以是刚性的,不受弯曲和轴向压缩影响,但是抗径向压缩是脆弱的。一个简单的中空管,它可以抵抗弯曲和轴向压缩,但抗径向压缩却很弱。在一些实施例中,可以在内部结构616和/或内部结构626内提供内部支柱,以在所需区域中局部加强壳体610和/或芯体620。以这种方式,可以产生设计的压碎图案。

[0107] 在一些实施例中,内部结构616和/或内部结构626内的定制设计的内部微架构可用于在铸造期间控制壳体160/芯体620中的热传递。这样,内部微架构可用于通过设计温度梯度实现对金属凝固的局部控制。在一些实施例中,该方法可用于借助预测性凝固和微结构演变模型(例如由计算机系统330执行的)来局部控制凝固的金属中的晶体结构。这样,可以避免凝固金属的重结晶,这是已知的问题。

[0108] 在一些实施例中,芯体620和/或壳体610中的微架构可以包括维管通道,该维管通道能够使第二材料回填通道以制造双相芯体。

[0109] 图9是根据示例实施例的形成铸件600(或模具)的方法的流程图900。该方法可以

例如由图2-4中的任何一个的3D打印系统100执行。该方法包括(例如通过计算机系统330)接收910铸件设计文件。例如,铸件设计文件910可以包括用于形成所需铸件600的蓝图和/或CAD指令。铸件600包括壳体(例如壳体610)。在一些情况下,铸件600可包括芯体(例如芯体620)。计算机系统330可以确定920所需的内部结构(例如芯体610/壳体620的内部结构616/626)。例如,计算机系统330可以识别内部结构616/626中应该包括格栅结构,拓扑管和/或通道的部分。计算机系统330可以修改930铸件设计以包括所需内部结构。基于修改的铸件设计,3D打印系统100可以形成940一个或多个相应铸件600(例如,使用大幅面无掩模光聚合(LAMP))。例如,如本领域普通技术人员将理解的那样,计算机系统330可以提取修改后的设计文件的多个切片,并且控制3D打印系统100以将浆料层重复地曝露于与切片铸件设计相对应的光图案中。

[0110] 一旦形成,就可以在铸件600上执行一个或多个后处理。例如,在一些情况下,铸件600的外表面可以包括一个或多个附接点。在一些实施例中,可以在内部结构616的外部提供锚固结构。包裹剂(例如陶瓷棉或布)可以包裹在铸件壳体610周围。在一些情况下,铸件600可以被覆盖在灰泥中(例如,浸入或喷涂)并用沙子覆盖,以形成更厚的壳体610壁。在一些情况下,壳体610可以浸入渗透,使得内表面612涂覆有不同的材料。例如,内表面612和/或表面622可以用增强材料或单独的陶瓷材料涂覆或渗透,以促进铸造的零件的特定微结构。例如,一些陶瓷材料例如铝酸钴,促使铸造材料形成特定的晶体结构(例如,多晶结构)。在一些实施例中,表面涂层比如三氧化二钇(氧化钇)和硅酸盐可以覆盖内表面612和/或表面622。

[0111] 层修改

[0112] 在经由光聚合(例如大幅面无掩模光聚合(LAMP))的增材制造中,可将光固化悬浮液(例如表面290)曝露于来自光源200的辐射以将悬浮液固化成固态或半固态。光固化悬浮液的组成可包括一种或多种单体,光引发剂和/或吸收剂。组成可以进一步包括一种或多种类型的填料颗粒,并且可以包括其他添加剂以控制颗粒的分散和液态悬浮液的流变性。光聚合悬浮液的固化特征可以由通常(当均质时)存在于悬浮液中或(当异质时)局部存在于悬浮液中的光引发剂和/或吸收剂的量来控制。这些固化特征通常通过临界能量剂量E_c和灵敏度D_p测量。临界能量剂量E_c定义了引发浆料的凝胶化(例如固化)所需的最小能量剂量(例如,来自光源200的光强度),而灵敏度D_p定义了悬浮液的渗透深度(例如,入射光强度降至其表面值的$1/e^2$的深度)。

[0113] E_c和D_p控制固化的悬浮液的厚度或固化深度C_d作为传递到悬浮液的表面290的光200能量剂量的函数。固化深度随着能量剂量的增加而增加;因此,可以调整能量剂量以达到所需的固化深度,可以基于使用增材制造法构建的物体的给定层的所需层厚来选择所需的固化深度。通常,灵敏度D_p高于所需值,从而固化深度C_d可以显著大于给定切片(例如层)所限定的深度。这有助于确保层与层的结合足够牢固,以使层在构建期间或构建之后不会分层。

[0114] 然而,高灵敏度D_p和高固化深度C_d会产生负面的意外后果,即光会太深地渗透到先前形成的下面的层中。因此,当光穿过较高的层并在不应固化的区域内使光聚合悬浮液交联时,下面的通道特征例如孔和通道可能会“模糊”或被透印。即使通过增材制造技术的原始分辨率能够制造这些特征,透印也会导致分辨率降低,并导致无法形成设计预期几何形

状(例如设计文件)中存在的特征。

[0115] 本申请的各方面涉及局部修改灵敏度D_p和固化深度C_d,以便提高特征分辨率并避免非所需的交联。根据一些实施例,光吸收材料和/或光引发剂可以沉积在层上以调整局部灵敏度D_p和固化深度C_d。

[0116] 图10是根据示例实施例的3D打印方法的流程图1000。该方法可以例如由图4的3D打印系统100c执行。3D打印系统100c施加1010一层浆料。例如,MRS 320可以在材料构建平台300的整个内部上沉积均匀(或接近均匀)厚度的光敏介质层,而不会干扰任何先前构建的层。在零件构建期间,在完成了一层曝光之后,MRS 320可以在计算机系统330的控制下快速将介质扫过整个构建区域。

[0117] 3D打印系统100c将光引发剂和/或吸收剂施加1020至光敏介质的表面。例如,沉积器440可以选择性地和/或局部地将吸收剂喷涂、打印或滴落到急需固化的表面的部分上。作为非限制性示例,吸收剂可以是吸光染料。在一些情况下,沉积器440可以是安装于能够在表面290上行进的XY扫描台和/或轨道上的喷墨打印机(或本领域的普通技术人员将理解的其他沉积结构)。在一些实施例中,沉积器404可包括喷墨打印机(或本领域普通技术人员将理解的其他沉积结构),其安装在被配置为能到达表面290的各个位置的关节臂上。施加光引发剂和/或吸收剂的位置和/或图案可以从当前或先前层的切片图像(例如,通过计算机系统330)得出。可以将光引发剂和/或吸收剂分子地连接在新形成的光敏介质层的表面上。吸收剂可以充当“止动掩膜”,以迅速截止点火器进一步到下面的层中的传播。如本领域普通技术人员将理解的,一些层可能不需要添加吸收剂和/或光引发剂。

[0118] 在施加1020光引发剂和/或吸收剂之后,3D打印系统100c用光选择性地使光敏材料层曝光1030。例如,光学成像系统200可以选择性地将表面290曝露于光中以固化与所需的3D打印物体的当前切片相对应的光敏材料的一部分。曝光1030可以在新层中形成所需的固化度。可以理解,存在于下面的层的顶部的光吸收剂(例如染料分子)可以使从顶表面到达该位置的光猝灭,从而显著地衰减光更深地传播到下面的层中。以这种方式衰减光可以减少或防止透印现象,并提高制造零件的特征分辨率,同时避免在非所需位置固化。在一些情况下,可以在每层轮廓的边界处选择性地打印吸收剂,以抑制轮廓的侧向散射、诱发的渗色、模糊或生长,所有这些都会通过扩大正特征例如边界或条部以及收缩负特征例如孔而影响尺寸精度。

[0119] 同时,在光聚合悬浮液的新制造的层或新扫过的层的表面上打印的光引发剂只能在打印该悬浮液的那些区域中局部地增加该悬浮液的光固化反应性,同时将悬浮液的所有其他区域保持在很小的水平。因此,一些需要增强固化的区域(例如,为确保该区域中的所有光敏材料已经固化)可以以比光敏材料其余部分所需的速率更高的速率固化。

[0120] 3D打印系统100c(例如计算机系统330)确定1040是否已经打印了最后一层。如果是这样(1040-是),则3D打印处理结束1090。如果不是这样(1040-否),则该方法返回1010,并且MRS 320施加1010另一层浆料。

[0121] 图11是根据示例实施例的3D打印方法的流程图1100。该方法可以例如由图4的3D打印系统100c执行。可以看出,除了在施加1160新的光敏材料层之前,3D打印系统100c施加1150光引发剂和/或吸收剂之外,图11描述的方法基本上类似于上述图10的方法。因此,下面不再重复相似元件的详细描述。3D打印系统100c将光敏材料的表面290选择性地曝露于

光1130中。3D打印系统100c(例如,计算机系统330)确定1140是否已经打印了最后一层。如果是这样(1140-是),则3D打印处理结束1190。如果不是这样(1140-否),则3D打印系统100c将光引发剂和/或吸收剂施加1150到新打印的层(和/或新打印的层的未固化的表面)上。3D打印系统100c施加1160另一层浆料,并选择性地使层的表面290曝露于1130光中。

[0122] 图12是根据示例实施例的3D打印方法的流程图1200。该方法可以例如由图4的3D打印系统100c执行。可以看出,除了3D打印系统100c施加1220一层或多层第二光聚合悬浮液而不是施加1020吸收剂和/或光引发剂之外,图12描述的方法基本上类似于上面图10描述的方法。因此,下面不再重复相似元件的详细描述。

[0123] 3D打印系统100c施加1210一层浆料。然后,施加1220一层或多层第二光聚合悬浮液到浆料的表面290上。例如,可以将一层或多层第二光聚合悬浮液喷涂或喷墨打印到先前扫过的层的表面上,类似于如上所述的吸收剂或光引发剂。新打印的层可以保留为不同的表面层,并且在光聚合后,可以提供双层或异质层状的产品。这样的多层产品可以提供比同质产品更多的好处。在一些情况下,可在光聚合之前喷涂或喷墨打印多层光聚合悬浮液以获得所需的构建层厚。每层可以具有不同的均匀组成。另外,在每一层内,可具有平面内的组成变化。

[0124] 在施加1220一个或多个光聚合悬浮层之后,3D打印系统100c用光选择性地使光敏材料层曝光1230。3D打印系统100c(例如计算机系统330)确定1240是否已经打印了最后一层。如果是这样(1240-是),则3D打印处理结束1290。如果不是这样(1240-否),则该方法返回到1210,并且MRS 320施加1210另一层浆料。

[0125] 图13是根据示例实施例的3D打印方法的流程图1300。该方法可以例如由图4的3D打印系统100c执行。可以看出,除了在施加1360新的光敏材料层之前,3D打印系统100c施加1350一层或多层第二光聚合悬浮液之外,图13描述的方法基本上类似于上面参照图12描述的方法。因此,下面不再重复相似元件的详细描述。3D打印系统100c将光敏材料的表面290选择性地曝露于光1330。3D打印系统100c(例如计算机系统330)确定1340是否已经打印了最后一层。如果是这样(1340-是),则3D打印处理结束1390。如果不是这样(1340-否),则3D打印系统100c在新打印(例如固化)层(和/或在新打印层的未固化表面)上施加1350一层或多层第二光聚合悬浮液。3D打印系统100c施加1360另一层浆料并且选择性地使该层的表面290曝露于1330光中。

[0126] 本领域普通技术人员将认识到,以上参考图11-13讨论的各种应用的1020、1150、1220和1350可以被选择性地组合。因此,在一些实施方案中,可在将新的光敏材料层添加到表面290之前和/或之后在表面290上沉积一层或多层光引发剂、吸收剂和/或第二光聚合悬浮液。

[0127] 几何保真度

[0128] 使用光聚合来构建物体的增材制造(AM)技术(例如大幅面无掩模光聚合(LAMP))通常涉及使用激活辐射比如各种波长的光对薄层进行光学图案化。可以通过适当的软件来创建每个层的图案,该适当的软件将物体的三维设计转换为一系列切片,每个切片的指令用作曝光(例如层构建)图案。在通过光聚合的AM中,构建方向(所谓的z方向)上的特征分辨率取决于层厚和固化深度。在没有光散射的情况下,固化的深度取决于能量剂量和可光聚合材料对活化辐射的吸收。在材料的每一层内(x,y方向)进行图案化,可以借助与图片相对

应的活化辐射投影通过光掩模，或通过使用空间光调制器的无掩模投影，或借助使用扫描束比如激光来进行。在非散射悬浮液中，层方向(x,y)上的分辨率取决于掩膜的分辨率或无掩模投影设备(例如空间光调制器)的分辨率，或取决于扫描光束大小以及可光聚合悬浮液的灵敏度(即，可通过光聚合在悬浮液中形成的最小特征)。如果特征尺寸与辐射的波长相当，则(x,y)方向上的分辨率限制也可能是衍射限制的。在衍射限制的情况下，可以使用已知的单层精细尺度光刻图案化方法来减少图案化误差，例如通过光学邻近校正(OPC)修改图片。

[0129] 如果悬浮粉末的折射率不同于悬浮介质的折射率，则通过粉末悬浮液的光聚合进行的AM涉及活化辐射的散射。如果激活辐射在(x,y)方向上产生侧向定向分量，例如由于散射或其他光学现象而变宽，溢出和/或模糊，则悬浮液光图案化的分辨率可能会降低。特征分辨率进一步受到尺寸变化的影响，例如聚合，后续加工或热处理过程中的收缩或溶胀。AM涉及许多光图案化的层的叠加，并且后续层的图案可通过“印透”影响较早层的图案。

[0130] 本申请的各方面涉及基于光敏介质的已知或确定的质量(例如散射或其他光学现象，以及在聚合、后续加工或加热处理期间的尺寸变化)来修改图像切片和/或光输出。根据一些实施例，可以增加或减小一个或多个特征的表面积以提供更高保真度的3D打印物体。

[0131] 图14是根据示例实施例的3D打印方法的流程图1400。该方法可以例如由图2-5中的任何一个的3D打印系统100执行。3D打印系统100确定1410光敏介质和/或固化特性。例如，计算机系统330可以接收/检索关于可光聚合悬浮液的特性的信息。在一些情况下，计算机系统330可以利用基于物理的模拟(例如利用蒙特卡洛算法)来估计光敏介质和/或固化特性。作为非限制性示例，光敏介质和/或固化性质可包括光散射、侧向散射、收缩、透印、固化膨胀、聚合收缩、烧结收缩、以及后续加工和/或热处理导致的变化。光敏介质和/或固化特性可包括下述中的一种或多种：悬浮液的增宽性能，悬浮液介质的光学特性例如其吸收系数和折射率，和/或悬浮液中粉末的光学特性包括吸收和折射率，以及粉末粒度分布和其他会影响增宽的因素。

[0132] 3D打印系统100基于所确定的光敏介质和/或固化特性来修改1420图像切片。半导体光刻中衍射现象的光学邻近校正(OPC)中的非类比方法可能会影响特定的校正设计。例如，计算机系统330可以执行用于逐层切片几何校正(LSGC)的算法和/或软件，该算法和/或软件可以校正切片文件中的图片以提高分辨率(即，通过校正现象和特性)。在一些实施例中，计算机系统330可以通过改变尺寸和形状来修改1420切片文件，以提高设计预期几何形状的保真度。例如，计算机系统330可以进行正和/或负边界校正以增强图像切片的分辨率。特定几何形状的校正的非限制性示例包括用于角点的栓孔和针对其他特征的可比校正，这些校正是根据与悬浮液的光聚合有关的光学现象的不同物理来设计的。在一些情况下，计算机系统330可以(例如局部地或全部地)改变光强度以调整特性。计算机系统330可以通过缩放特征尺寸来修改1420图像切片，以补偿由于收缩或膨胀包括聚合收缩，烧结收缩或两者所引起的尺寸变化。因此，计算机系统330可以进行校正，使得通过单独的光聚合，单独的烧结或两者的步骤来实现最终的目标几何形状。已知这种收缩是各向异性的，需要在x,y和z方向上进行适当缩放，并在所有三个维度上进行旋转。

[0133] 在修改1420图像切片之后，3D打印系统100用光选择性地曝光1430光敏材料层。例如，光学成像系统200可以根据修改的图像切片选择性地将表面290曝露于光中以固化一部

分光敏材料。曝光1430可以在新层中形成所需的固化度。

[0134] 3D打印系统100(例如计算机系统330)确定1440是否已经打印了最后一层。如果是这样(1450是),则3D打印处理结束1490。尽管修改后的图像切片可能看起来与所需图像切片不同,但通过补偿光敏介质和/或固化特性,最终物体对所需的几何形状具有高保真度。如果不是这样(1450-否),则方法MRS 320施加另一层光敏材料,并且3D打印系统100基于下一切片(或修改的切片)构建下一层。

[0135] 图15是根据示例实施例的3D打印方法的流程图1500。该方法可以例如由图2-5中任意一个的3D打印系统100执行。可以看出,除了应用3D打印系统100基于打印的测试层1505确定1510光敏介质和/或固化特性之外,图15描述的方法基本上类似于上面参照图14描述的方法。因此,下面不再重复类似元件的详细描述。3D打印系统100例如基于校准图像生成1505测试层。生成1505测试层可包括用对应于一个或多个校准图像选择性地使光敏介质的表面290曝光。

[0136] 3D打印系统100基于将测试层与校准图像进行比较来确定1410光敏介质和/或固化特性。例如,3D打印系统100可以确定测试层的几何形状并将它们与校准图像的几何形状进行比较。通过比较几何形状(并确定它们之间的差异),3D打印系统100(例如计算系统330)可以估计光敏介质的特性。在一些情况下,图像捕捉设备550可以捕捉测试层的图像数据,并且计算系统330可以分析图像以确定测试层的几何形状。然而,这仅是示例,并且根据本申请,本领域普通技术人员将认识到,可以在不脱离本申请的情况下,以各种另外的方式确定测试层的几何形状。在一些实施方式中,测试图像的尺寸和/或光的强度可以在多个测试层上变化(例如,以逐层方式或通过多个分离的测试层),并且光敏介质的特性可以根据对变化的几何形状比较来确定。

[0137] 3D打印系统100基于所确定的光敏介质和/或固化特性来修改1520图像切片,并且根据修改后的图像切片将光敏材料的表面290选择性地曝露于1530光线中。3D打印系统100(例如计算机系统330)确定1540是否已经打印了最后一层。如果是这样(1550-是),则3D打印处理结束1590。如果不是这样(1550-否),则3D打印系统100将光引发剂和/或吸收剂施加1150到新打印的层(和/或新打印的层的未固化的表面)上。如果不是这样(1550-否),则方法MRS 320施加另一层光敏材料,并且3D打印系统100基于下一切片(或修改的切片)构建下一层。

[0138] 图16是根据示例实施例的3D打印方法的流程图1600。该方法可以例如由图5的3D打印系统100d执行。可以看出,除了3D打印系统100d分析1660先前打印的层以确定1670光敏介质和/或固化特性之外,图16所描述的方法与以上参考图14描述的方法有重叠。因此,下面不再重复相似元件的详细描述。

[0139] 3D打印系统100d基于当前图像切片将光敏材料的表面290选择性地曝露1640于光中。3D打印系统100d(例如计算机系统330)确定1650是否已经打印了最后一层。如果是这样(1650-是),则3D打印处理结束1690。如果不是这样(1650-否),则3D打印系统100d分析1660先前打印的层(例如最新近固化的层)。分析1660该打印的层可以涉及确定该打印的层的几何形状并将几何形状与所需几何形状进行比较。在一些情况下,可以分别从图像捕捉设备550和未修改的图像切片收集这样的几何形状。

[0140] 基于分析1660,3D打印系统100d(例如计算机系统330)确定1670光敏介质质量,并

基于确定的质量修改1680下一个图像切片。这样的确定1670和修改1680可以基本上类似于以上参考图14和15讨论的确定1510和修改1420/1520。然后3D打印系统100d(例如,基于修改的图像切片,通过将光敏材料的表面290曝露1640于光中)打印下一层。

[0141] 在一些实施例中,可以观察到每个层,并且计算系统330可以基于多个较早的层(向后看),后续的层(向前看)估计光敏介质和/或固化特性。

[0142] 普通技术人员将认识到,如以上参考图14-16所讨论的,用于确定光敏介质和/或固化特性的各种基础都可以被选择性地组合。因此,在一些实施方式中,已知(或预测)值、测试值(例如来自校准图像)和/或监视值(例如,在3D打印期间形成层监视)可用于估计和/或修改光敏介质和/或固化特性,然后可用于修改图像切片。

[0143] 此外,根据本申请,本领域的普通技术人员将认识到,在不脱离本申请的范围的情况下,可以组合本文描述的各种技术。例如,在单一3D打印处理中,可以将铸件文件修改为包括内部结构(例如微结构),以及进行修改以补偿光敏介质的特性。此外,在单一3D打印处理中,可以将铸件文件修改为包括内部结构(例如微结构),并且在打印期间,可以在光敏材料层之间沉积吸收剂、光引发剂和/或第二光敏介质的层。另外,在单一3D打印处理中,可以修改铸件文件以补偿光敏介质的特性,并且在打印期间,可以在光敏介质层之间沉积吸收剂、光引发剂和/或第二光敏介质的层。同样地,在单一3D打印处理中,可以修改铸件文件以包括内部结构(例如微结构),可以进一步修改铸件文件以补偿光敏介质的特性,并且在打印期间,可以在光敏介质的层之间沉积吸收剂、光引发剂和/或第二光敏介质的层。

[0144] 可以使用图17的计算设备架构1700中所示的至少一些组件来实现本申请技术的各方面。例如,可以利用图17中描绘的一个或多个组件来实现3D打印系统100a-100d的部分,比如计算机系统330和图像捕捉设备。可以看出,计算设备架构1700包括中央处理单元(CPU)1702,在该中央处理单元1702中处理计算机指令;显示器接口1704,其用作通信接口,并提供用于在显示器上呈现视频、图形、图像和文本的功能。在本申请技术的一些示例实施方式中,显示器接口1704可以直接连接到本地显示器,比如与移动计算设备相关联的触摸屏显示器。在另一示例实施方式中,显示器接口1704可以配置成用于为不一定与移动计算设备物理连接的外部/远程显示器提供数据、图像和其他信息。例如,台式监视器可以用于对在移动计算设备上呈现的图形和其他信息进行镜像。在一些示例实施方式中,显示接口1704可以例如经由Wi-Fi信道或其他可用的网络连接接口1712与外部/远程显示器无线通信。

[0145] 在示例实施方式中,网络连接接口1712可以被配置为通信接口,并且可以提供用于在显示器上呈现视频、图形、图像、文本、其他信息或其任意组合的功能。在一个示例中,通信接口可以包括串行端口、并行端口、通用输入和输出(GPIO)端口、游戏端口、通用串行总线(USB)、微型USB端口、高清多媒体(HDMI)端口、视频端口、音频端口、蓝牙端口、近场通信(NFC)端口、另一个类似的通信接口或它们的任意组合。在一个示例中,显示接口1704可以可操作地耦合到本地显示器,比如与移动设备相关联的触摸屏显示器。在另一个示例中,显示接口1704可以被配置成给不一定连接到移动计算设备的外部/远程显示器提供视频,图形,图像,文本,其他信息或其任意组合。在一个示例中,台式监视器可以用于镜像或扩展可以在移动设备上呈现的图形信息。在另一个示例中,显示接口1704可以例如经由比如Wi-Fi收发器的网络连接接口1712与外部/远程显示器无线通信。

[0146] 计算设备架构1700可以包括键盘接口1706，该键盘接口1706向键盘提供通信接口。在一个示例实施方式中，计算设备架构1700可以包括用于连接到存在敏感型显示器(presence-sensitive display)1707的存在敏感显示器接口1708。根据本申请的技术的一些示例实施方式，存在敏感显示器接口1708可以为各种设备比如指向设备、触摸屏、深度相机等提供通信接口，这些设备可以与显示器相关联，也可以不与显示器相关联。

[0147] 计算设备架构1700可以被配置为经由输入/输出接口中的一个或多个(例如，键盘接口1706，显示器接口1704，存在敏感显示器接口1708，网络连接接口1712，相机接口1714，声音接口1716等)来使用输入设备，以允许用户将信息采集到计算设备架构1700中。输入设备可以包括鼠标、轨迹球、方向键、轨迹板、经过触摸验证的轨迹板、存在敏感轨迹板、存在敏感显示器、滚轮、数码相机、数字摄像机、网络摄像机、麦克风、传感器、智能卡等。另外，输入设备可以与计算设备架构1700集成在一起，或者也可以是单独的设备。例如，输入设备可以是加速度计、磁力计、数码相机、麦克风和光学传感器。

[0148] 计算设备架构1700的示例实施方式可以包括：天线接口1710，其向天线提供通信接口；以及网络连接接口1712，其为网络提供通信接口。如上所述，显示器接口1704可以与网络连接接口1712通信，例如，以为在未直接连接或附接到系统的远程显示器上显示提供信息。在一些实施方式中，提供照相机接口1714，其充当通信接口并提供用于从照相机捕捉数字图像的功能。在一些实施方式中，提供了声音接口1716作为通信接口，用于使用麦克风将声音转换成电信号并且使用扬声器将电信号转换成声音。根据示例实施方式，提供了随机存取存储器(RAM)1718，其中计算机指令和数据可以被存储在易失性存储设备中以由CPU 1702进行处理。

[0149] 根据示例实施方式，计算设备架构1700包括只读存储器(ROM)1720，其中用于基本系统功能，例如基本输入和输出(I/O)、启动或来自键盘的击键的接收的不变低级系统代码或数据被存储在非易失性存储设备中。根据示例实施方式，计算设备架构1700包括存储介质1722或其他合适类型的存储器(例如，RAM，ROM，可编程只读存储器(PROM)，可擦除可编程只读存储器(EPROM)，电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)，磁盘，光盘，软盘，硬盘，可移动盒式磁带，闪存驱动器)，其中存储文件包括操作系统1724，应用程序1726(如有必要包括例如Web浏览器应用程序，小部件或小工具引擎和/或其他应用程序)和数据文件1728。根据示例实施方式，计算设备架构1700包括电源1730，电源1730向功率组件提供适当的交流电(AC)或直流电(DC)。

[0150] 根据示例实施方式，计算设备架构1700包括电话子系统1732，该电话子系统1732允许设备1700通过电话网络发送和接收声音。组成设备和CPU 1702通过总线1734彼此通信。

[0151] 根据示例性实施方式，CPU 1702具有适当的结构以成为计算机处理器。在一种布置中，CPU 1702可以包括一个以上的处理单元。RAM 1718与计算机总线1734连接，以在软件程序比如操作系统应用程序和设备驱动器的执行期间向CPU 1702提供快速RAM存储。更具体地说，CPU 1702将来自存储介质1722或其他介质的计算机可执行处理步骤加载到RAM 1718的字段中，以便执行软件程序。数据可以存储在RAM 1718中，在执行过程中计算机CPU 1702可以访问这些数据。在一个示例配置中，设备架构1700包括至少178MB的RAM和256MB的闪存。

[0152] 存储介质1722本身可以包括多个物理驱动器单元，比如独立磁盘冗余阵列(RAID)、软盘驱动器、闪存、USB闪存驱动器、外部硬盘驱动器、拇指驱动器、笔式驱动器、键驱动器、高密度数字多功能光碟(HD-DVD)光盘驱动器、内部硬盘驱动器、蓝光光盘驱动器或全息数字数据存储(HDDS)光盘驱动器、外部微型双列直插式内存模块(DIMM)同步动态随机存取存储器(SDRAM)或外部微型-双列直插式内存模块同步动态随机存取存储器(micro-DIMM SDRAM)。这种计算机可读存储介质允许计算设备访问存储在可移动和不可移动存储介质上的计算机可执行处理步骤，应用程序等，以从设备上下载数据或将数据上传到设备上。计算机程序产品，例如利用通信系统的计算机程序产品，可以有形地体现在存储介质1722中，该存储介质可以包括机器可读存储介质。

[0153] 根据一个示例实施方式，如本文中所使用的，术语计算设备可以是CPU，或者被概念化为CPU(例如，图17的CPU 1702)。在该示例实施方式中，计算设备(CPU)可以与一个或多个外围设备比如显示器耦合、连接和/或通信。在另一示例实施方式中，如本文所使用的，术语计算设备可以指代移动计算设备比如智能电话、平板计算机或智能手表。在该示例实施例中，计算设备可以将内容输出给其本地显示器和/或扬声器。在另一示例实施方式中，计算设备可以将内容(例如，通过Wi-Fi)输出给外部显示设备比如TV或外部计算系统。

[0154] 在本申请技术的示例实施方式中，计算设备可以包括被执行以促进任何操作的任何数量的硬件和/或软件应用程序。在示例实施方式中，一个或多个I/O接口可以促进计算设备与一个或多个输入/输出设备之间的通信。例如，通用串行总线端口、串行端口、磁盘驱动器、CD-ROM驱动器和/或一个或多个用户界面设备，例如显示器、键盘、小键盘、鼠标、控制面板、触摸屏显示器、麦克风等可以促进用户与计算设备的交互。一个或多个I/O接口可以用于从各种各样的输入设备接收或收集数据和/或用户指令。所接收的数据可以按照本申请技术的各种实施方式中所需的由一个或多个计算机处理器处理和/或存储在一个或多个存储设备中。

[0155] 一个或多个网络接口可以促进将计算设备的输入和输出连接到一个或多个合适的网络和/或连接；例如，有助于与系统关联的任何数量的传感器进行通信的连接。一个或多个网络接口可以进一步促进与一个或多个合适的网络的连接；例如，局域网、广域网、因特网、蜂窝网络、射频网络、蓝牙、网络，Wi-Fi网络、卫星网络、任何有线网络、任何无线网络等、用于与外部设备和/或系统进行通信。

[0156] 如在本申请中使用的，术语“组件”、“模块”、“系统”、“服务器”、“处理器”、“存储器”等旨在包括一个或多个与计算机有关的单元，例如但不限于硬件、固件、硬件和软件的组合、软件或正在执行的软件。例如，组件可以是但不限于在处理器上运行的进程，物体，可执行文件，执行线程，程序和/或计算机。作为说明，在计算设备上运行的应用程序和计算设备都可以是组件。一个或多个组件可以驻留在执行的进程和/或线程中，并且一个组件可以位于一台计算机上和/或分布在两台或多台计算机之间。另外，这些组件可以从其上存储有各种数据结构的各种计算机可读介质执行。组件可以比如根据具有一个或多个数据包的信号通过本地和/或远程进程进行通信，例如来自一个组件的数据与本地系统，分布式系统中的另一个组件进行交互，和/或经由网络例如因特网通过信号与其他系统通信。

[0157] 上面根据本申请技术的示例实施例或实施方式的系统和方法和/或计算机程序产品的框图和流程图描述了本申请技术的一些实施例和实施方式。将理解的是，框图和流程

图的一个或多个框以及框图和流程图中的框的组合可以分别通过计算机可执行程序指令来实现。同样，根据本申请技术的一些实施例或实施方式，框图和流程图的一些框可能不一定需要以所呈现的顺序执行，可能重复或者可能根本不需要执行。

[0158] 可以将这些计算机可执行程序指令加载到通用计算机、专用计算机、处理器或其他可编程数据处理设备上，以产生特定的机器，使得在计算机、处理器、或其他可编程数据处理装置上执行的指令创建用于实现在一个或多个流程图框中指定的一个或多个功能的装置。这些计算机程序指令还可以存储在计算机可读存储器中，该计算机可读存储器可以指示计算机或其他可编程数据处理装置以特定方式工作，从而使得存储在计算机可读存储器中的指令产生一件包括指令装置的制品，该指令装置实现一个或多个流程图框中指定的一个或多个功能。

[0159] 作为示例，本申请的技术的实施例或实施方式可以提供一种计算机程序产品，包括计算机可用介质，其中具有计算机可读程序代码或程序指令，所述计算机可读程序代码适合于执行以实现一个或多个流程图框中指定的一个或多个功能。同样，可以将计算机程序指令加载到计算机或其他可编程数据处理装置上，以使一系列操作元素或步骤在计算机或其他可编程装置上执行，来产生计算机实现的进程，从而使得在计算机或其他可编程装置上执行的该指令提供用于实现一个或多个流程图框中指定的功能的元件或步骤。

[0160] 因此，框图和流程图的框支持用于执行特定功能的装置的组合，用于执行特定功能的元件或步骤的组合以及用于执行特定功能的程序指令装置。还将理解，框图和流程图的每个方框以及框图和流程图中的方框的组合可以由执行特定功能，元件或步骤的基于专用的、基于硬件的计算机系统，或专用硬件和计算机指令的组合来实现。

[0161] 在本说明书中，已经阐述了许多具体细节。然而，应理解，可在没有这些具体细节的情况下实践本申请技术的实施方式。在其他情况下，未详细示出公知的方法，结构和技术，以免混淆对本说明书的理解。提到“一个实施例”，“一实施例”，“一些实施例”，“示例实施例”，“各种实施例”，“一个实施方式”，“一种实施方式”，“示例实施方式”，“各种实施方式”，“一些实施方式”等等，是指如此描述的本申请技术的实施方式可以包括特定的特征、结构或特性，但是并非每个实施方式都必须包括特定的特征、结构或特性。此外，重复使用短语“在一个实施方式中”不一定指相同的实施方式，尽管它可能是。

[0162] 在整个说明书和权利要求书中，除非上下文另外明确指出，否则以下术语至少具有本文明确关联的含义。术语“连接”是指一个功能、特征、结构或特性直接与另一功能、特征、结构或特性连接或通信。术语“耦合”是指一个功能、特征、结构或特性与直接或间接地与另一功能、特征、结构或特性结合或通信。术语“或”旨在表示包含性的“或”。此外，除非另有说明或从上下文中清楚地指示其单数形式，否则术语“一”，“一个”和“该”旨在表示一个或多个。“包含”或“含有”或“包括”是指至少提到的元素或方法步骤存在于物品或方法中，但不排除其他元素或方法步骤的存在，即使其他此类元素或方法步骤具有与提到的步骤相同的功能。

[0163] 如本文使用的，除非另外指明，否则使用序数形容词“第一”，“第二”，“第三”等来描述共同的物体，仅指提到相似物体的不同示例，并不意味着所描述的物体必须在时间、空间上、等级或任何其他方式上处于给定的顺序。

[0164] 尽管已经结合当前被认为是最实际和各种的实施例描述了本申请的一些实施方

式，但是应当理解，本申请不限于所公开的实施例，而是相反，旨在覆盖所附权利要求的范围内包括的各种修改和等效布置。尽管本文采用了特定术语，但是它们仅在一般性和描述性意义上使用，而不是出于限制的目的。

[0165] 本说明书使用示例来公开该技术的一些实施例，并且还使本领域技术人员能够实践该技术的一些实施例，包括制造和使用任何装置或系统以及执行任何结合的方法。该技术的一些实施例的可专利范围在权利要求中所限定，并且可以包括本领域技术人员想到的其他示例。如果此类其他示例具有与权利要求的字面语言没有区别的结构元素，或者如果它们包括与权利要求的字面语言没有实质性差异的等效结构元素，则这些其它示例包含在权利要求的范围内。

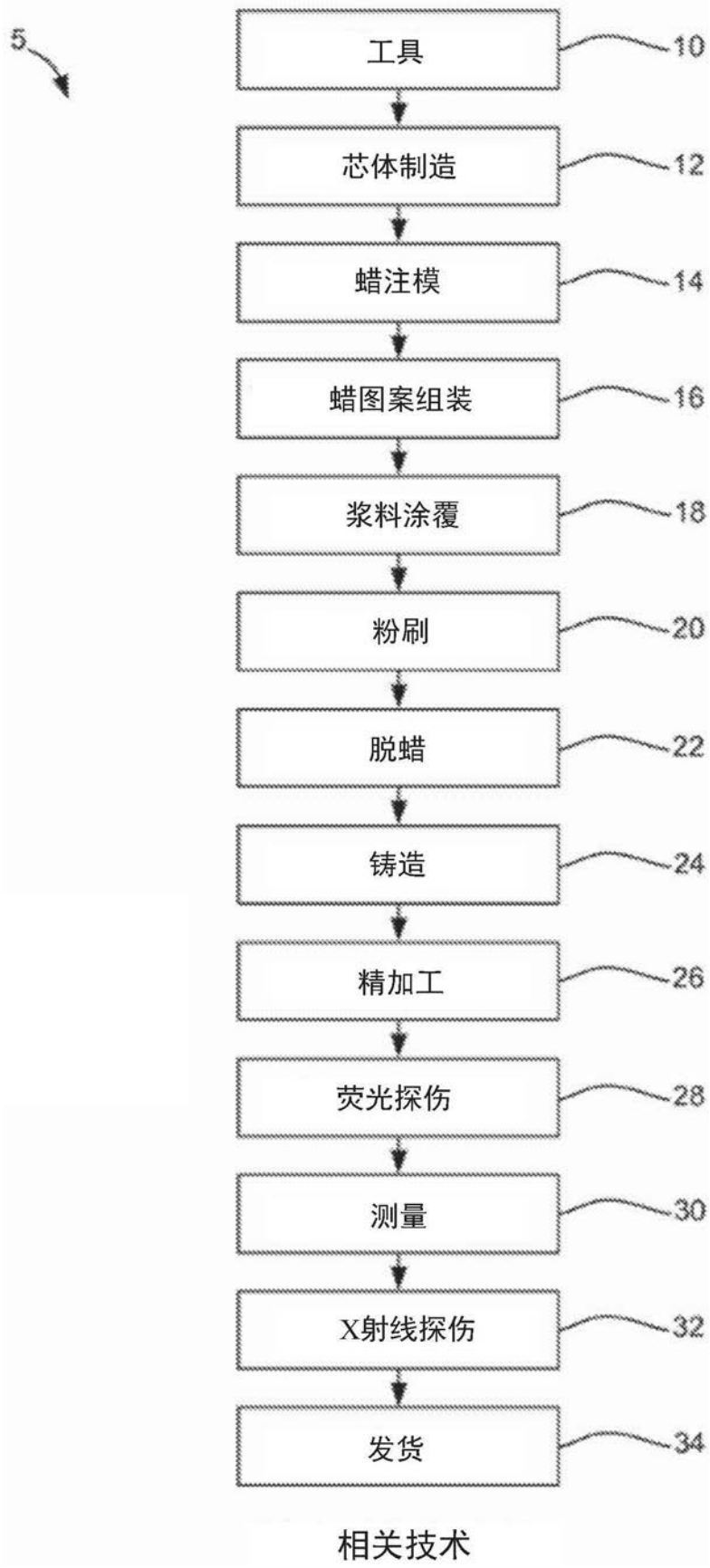
5
工具
10
芯体制造
12
蜡注模
14
蜡图案组装
16
浆料涂覆
18
粉刷
20
脱蜡
22
铸造
24
精加工
26
荧光探伤
28
测量
30
X射线探伤
32
发货
34
相关技术

图1

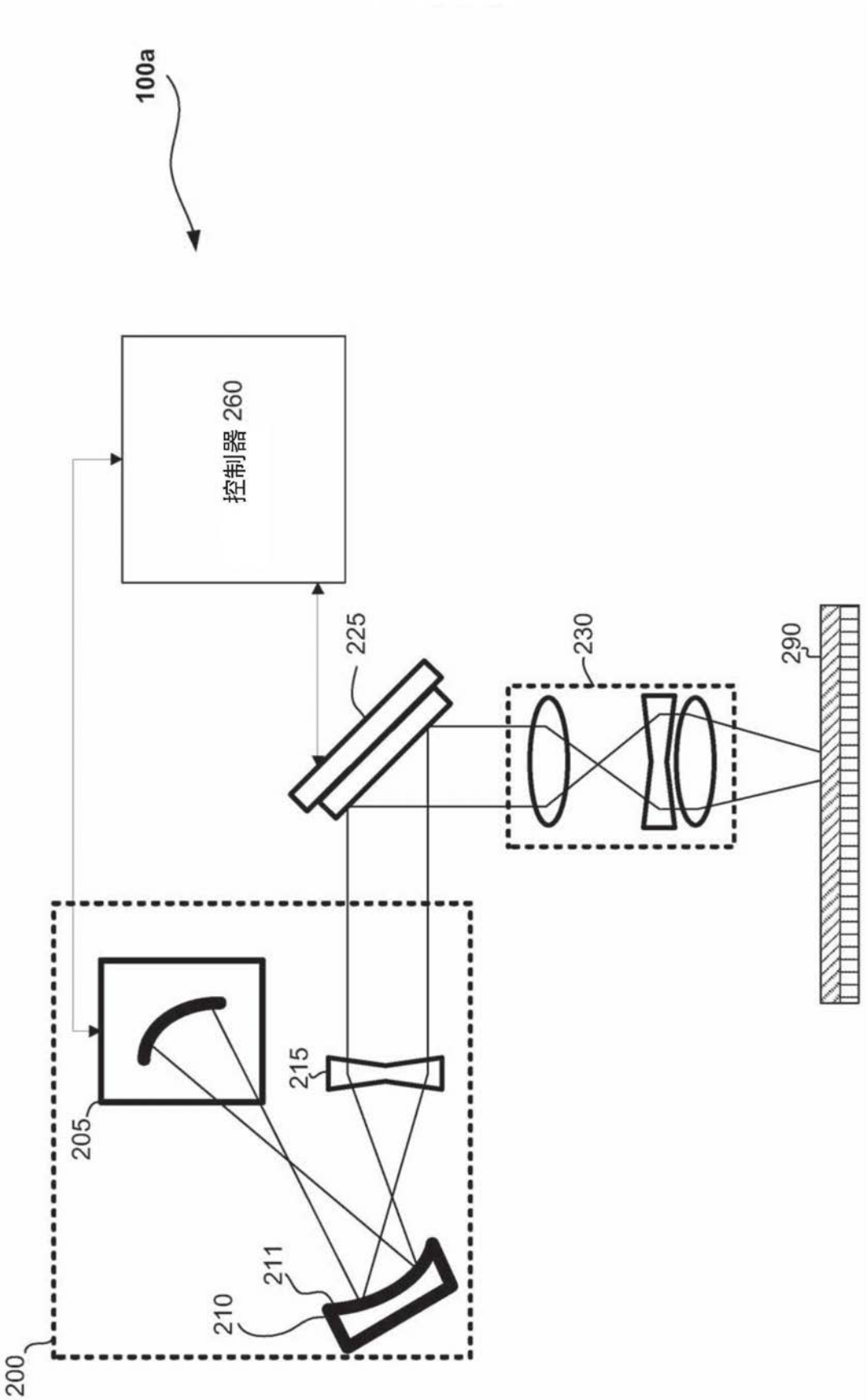

图2

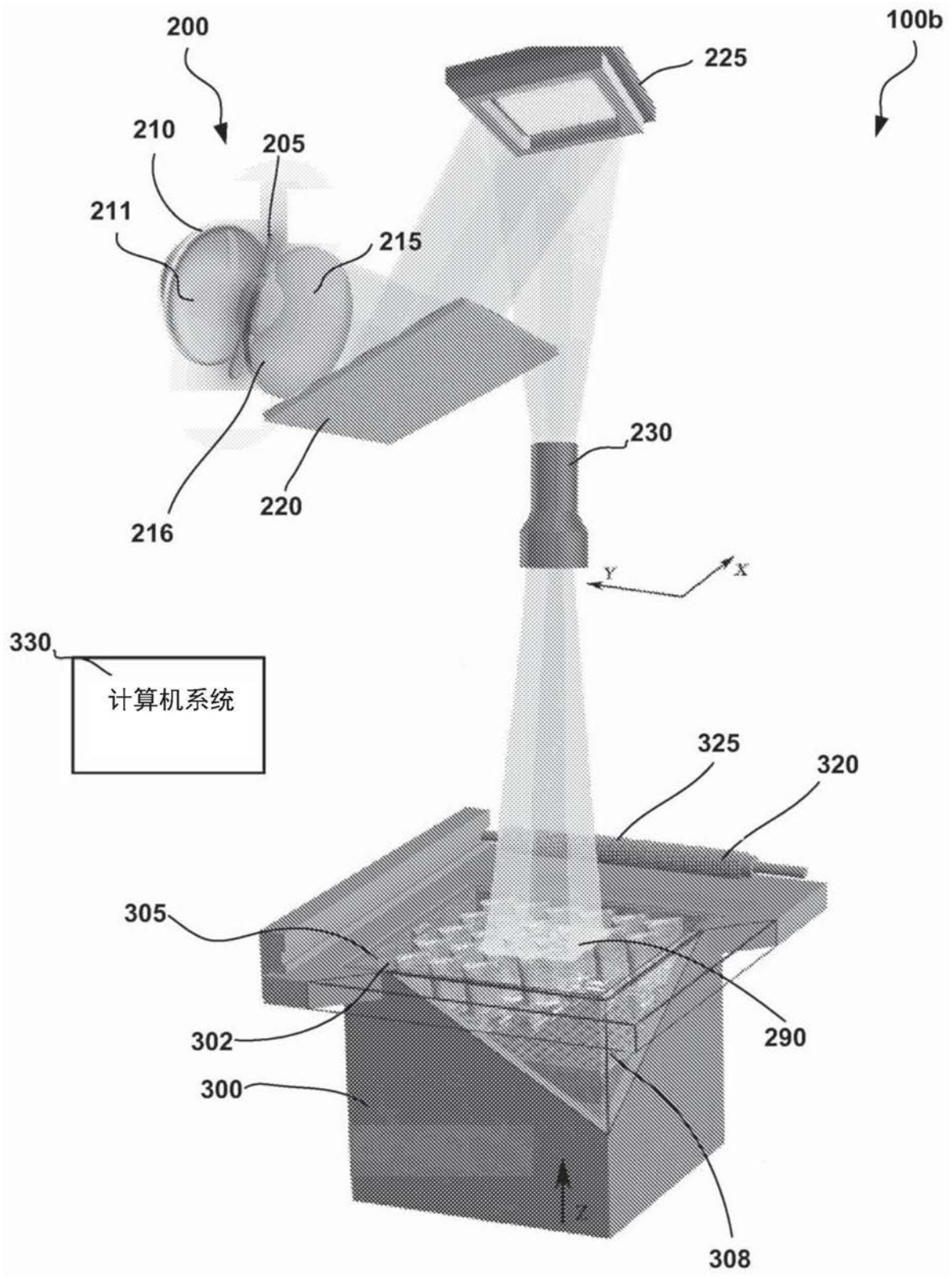
200
100b
225
210
205
211
215
230
216
220
Y
X
330
计算机系统
325
320
305
290
302
300
Z
308

图3

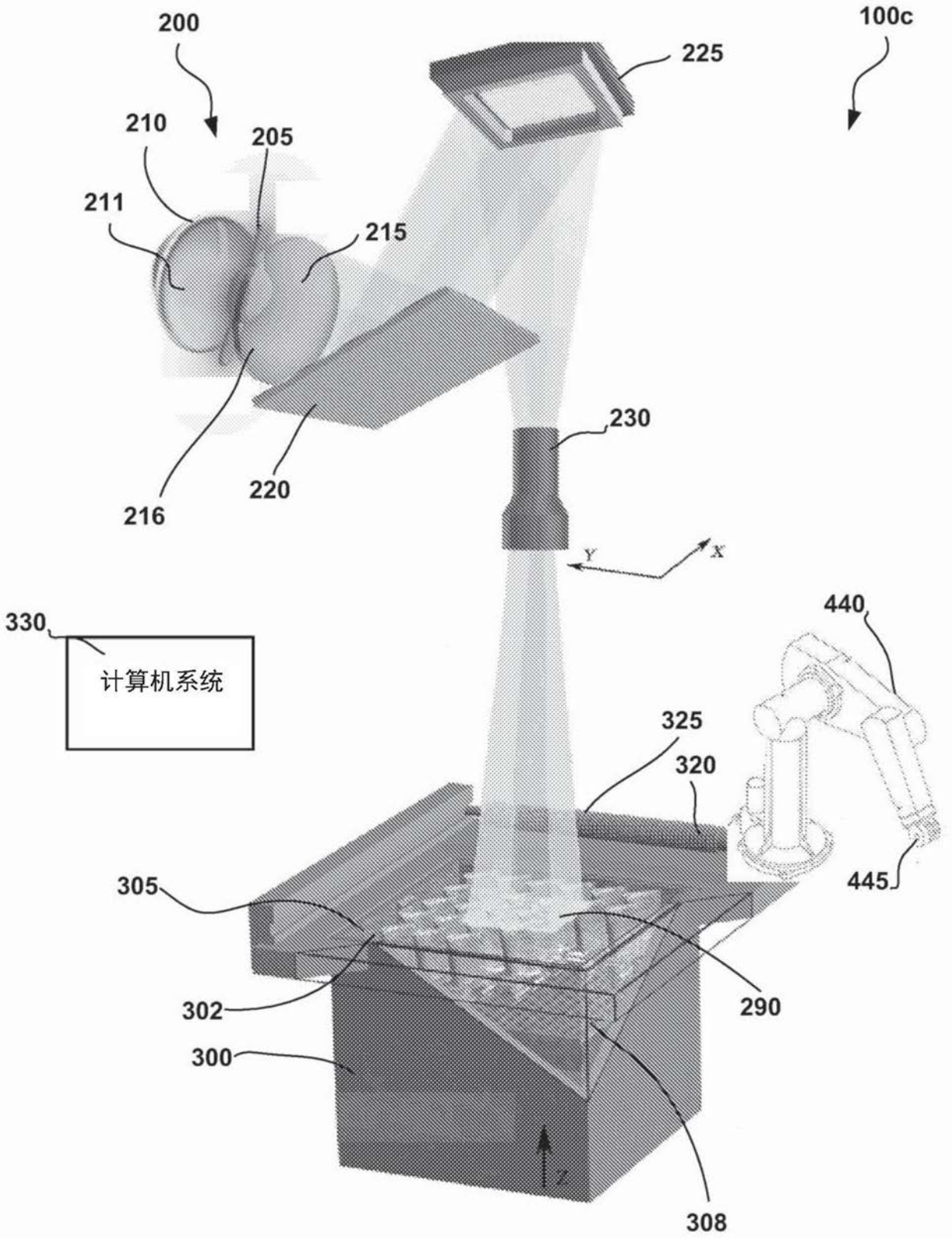
200
100c
225
210
205
211
215
230
220
216
Y
X
330
计算机系统
440
325
320
305
445
290
302
300
Z
308

图4

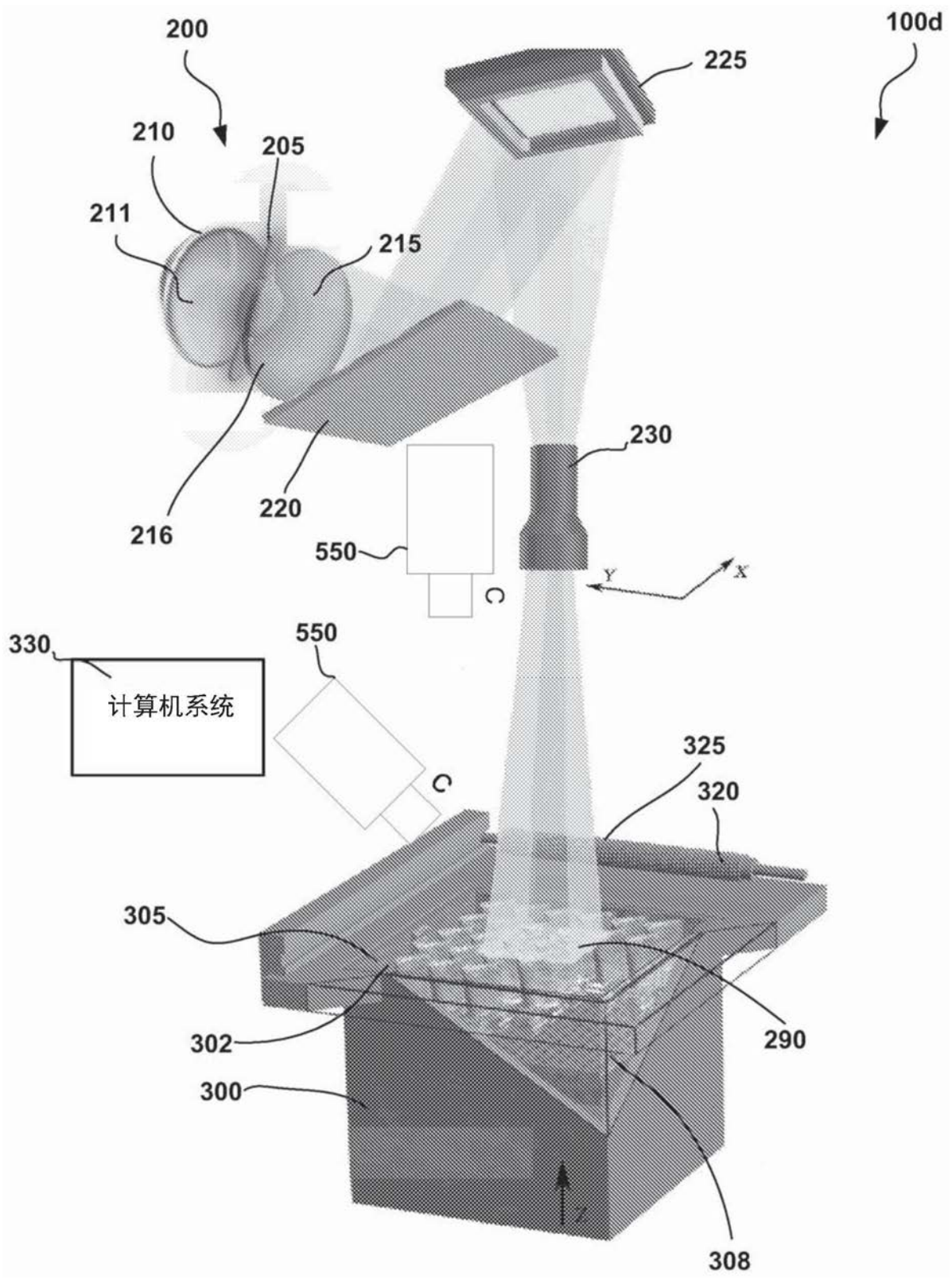
200
100d
225
210
205
211
215
230
216
220
550
C
Y
X
330
550
计算机系统
C
325
320
305
290
302
300
Z
308

图5

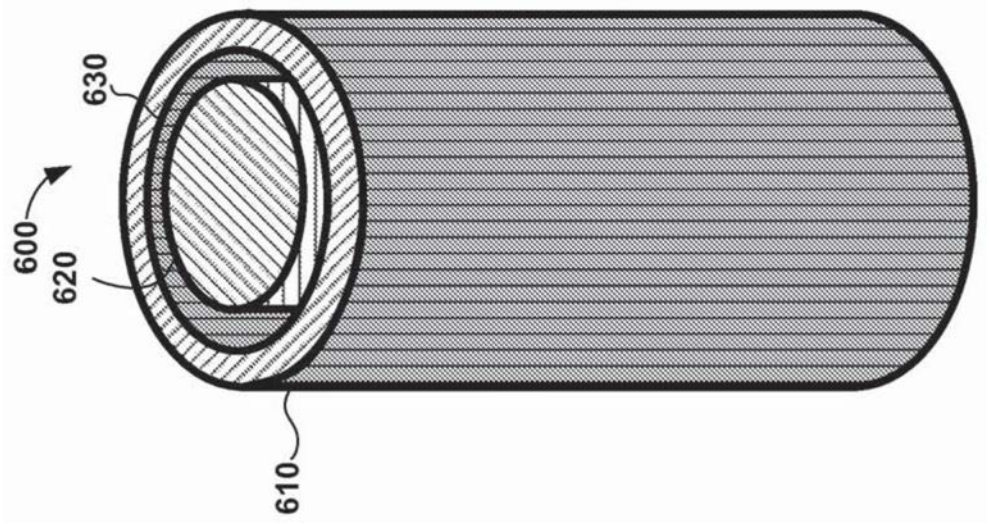

图6A

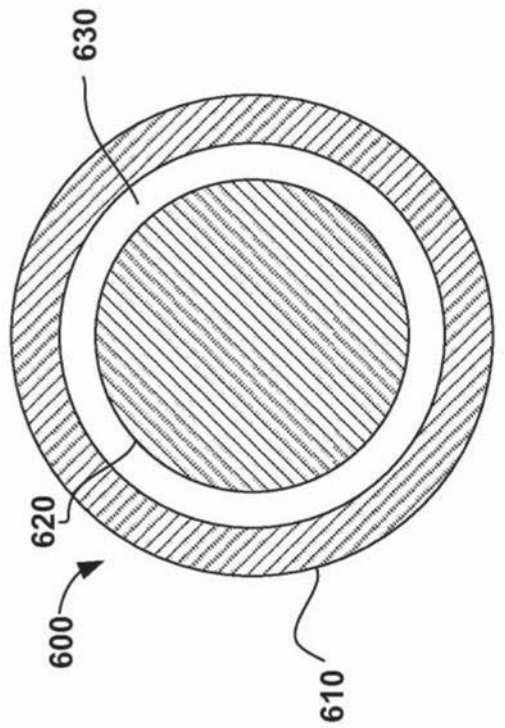

图6B

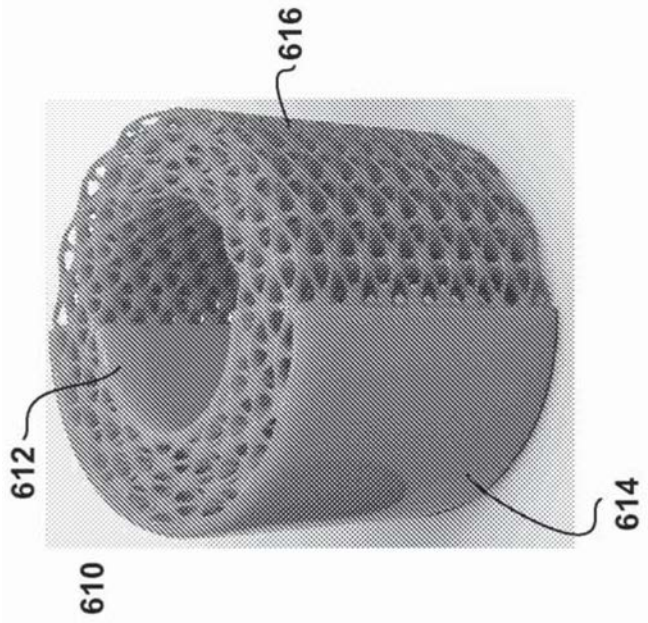

图7

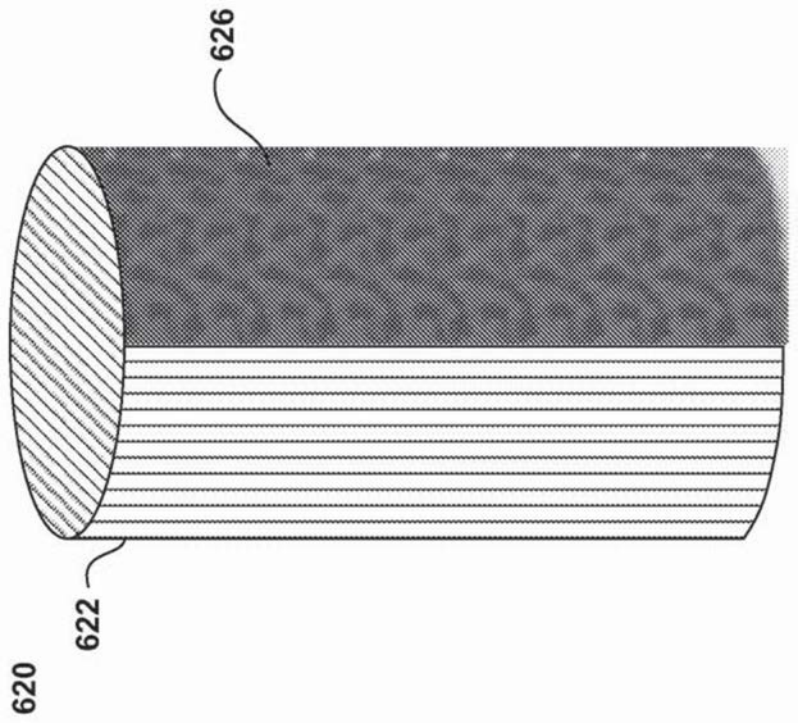

图8

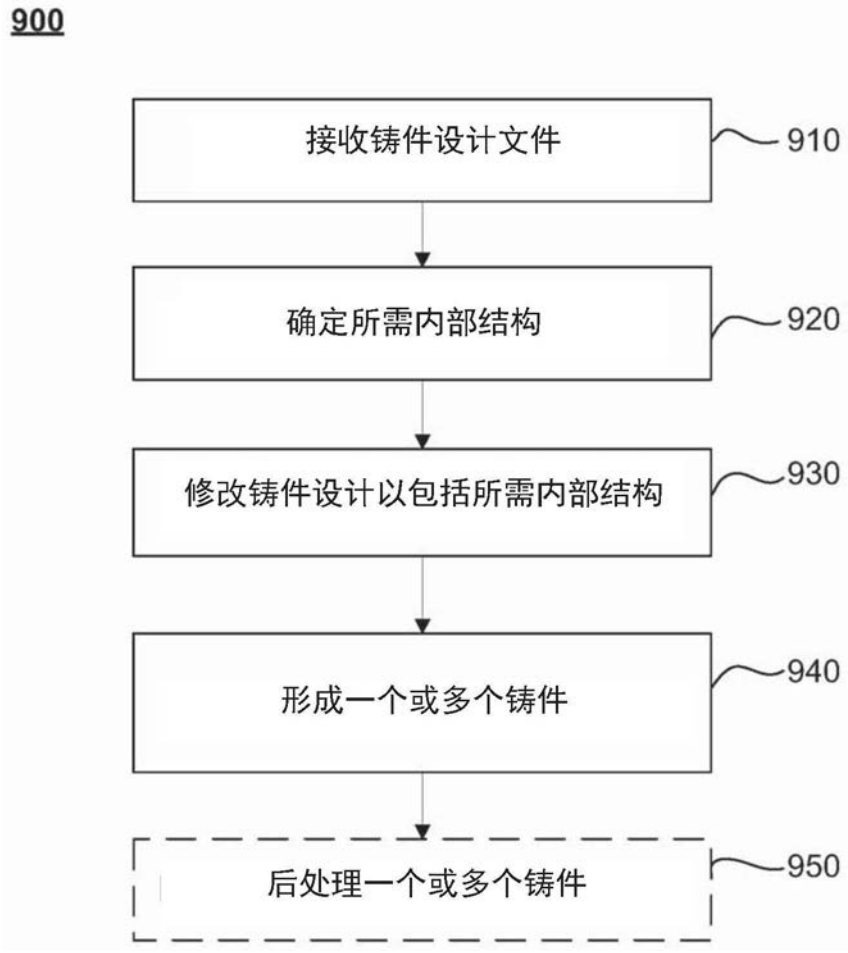
900
接收铸件设计文件
910
确定所需内部结构
920
修改铸件设计以包括所需内部结构
930
形成一个或多个铸件
940
后处理一个或多个铸件
950

图9

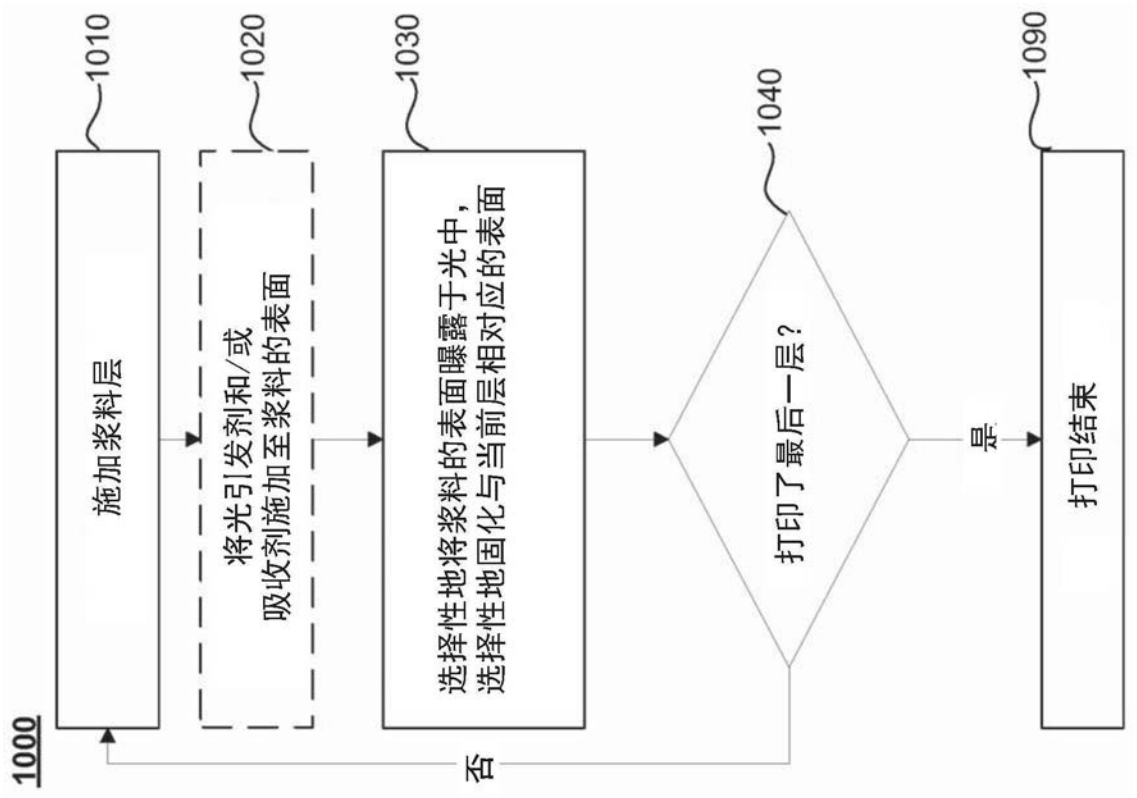
1000
1010
施加浆料层
1020
将光引发剂和/或
吸收剂施加至浆料的表面
1030
选择性地将浆料的表面曝露于光中，
选择性地固化与当前层相对应的表面
1040
打印了最后一层？
否
是
1090
打印结束

图10

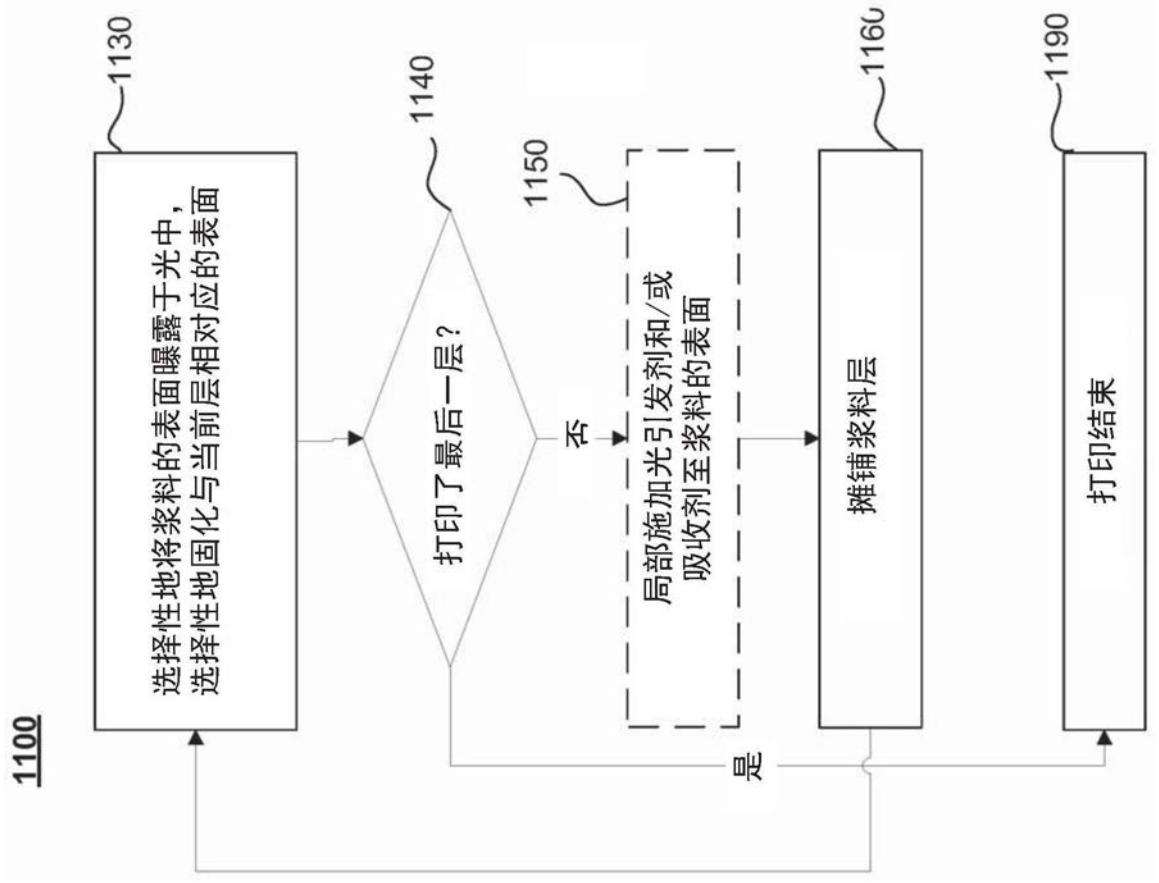
1100
1130
选择性地将浆料的表面曝露于光中，
选择性地固化与当前层相对应的表面
1140
打印了最后一层？
否
1150
局部施加光引发剂和/或
吸收剂至浆料的表面
1160
摊铺浆料层
是
1190
打印结束

图11

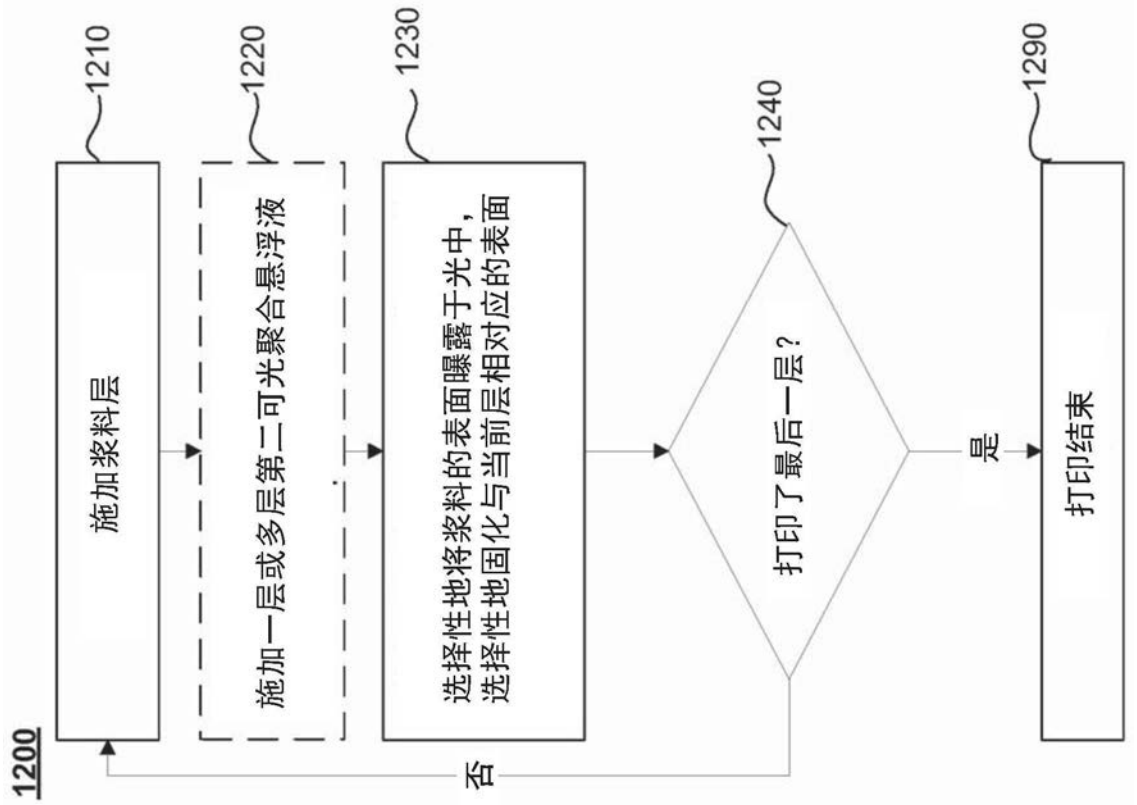
1200
1210
施加浆料层
1220
施加一层或多层第二可光聚合悬浮液
1230
选择性地将浆料的表面曝露于光中，
选择性地固化与当前层相对应的表面
1240
打印了最后一层？
否
是
1290
打印结束

图12

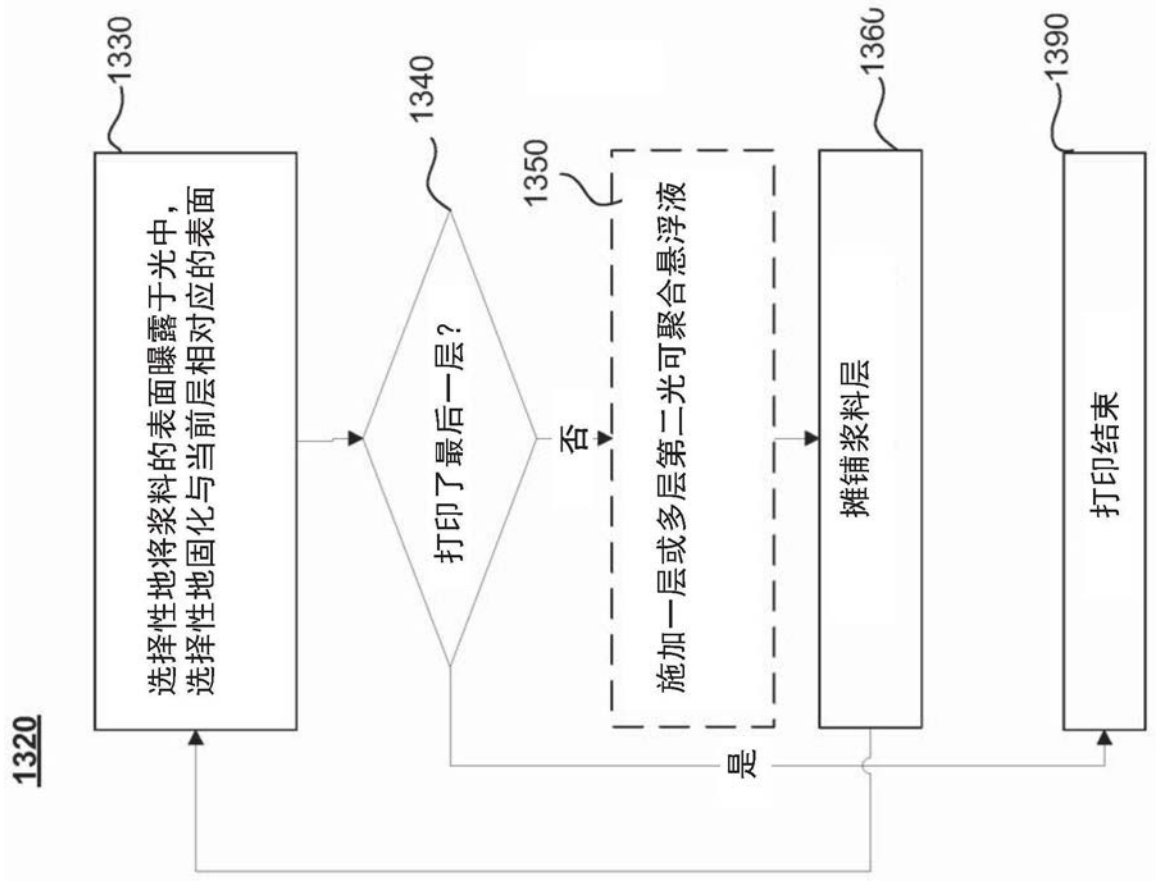
1320
1330
选择性地将浆料的表面曝露于光中，
选择性地固化与当前层相对应的表面
1340
打印了最后一层？
否
1350
施加一层或多层第二光可聚合悬浮液
1360
摊铺浆料层
是
1390
打印结束

图13

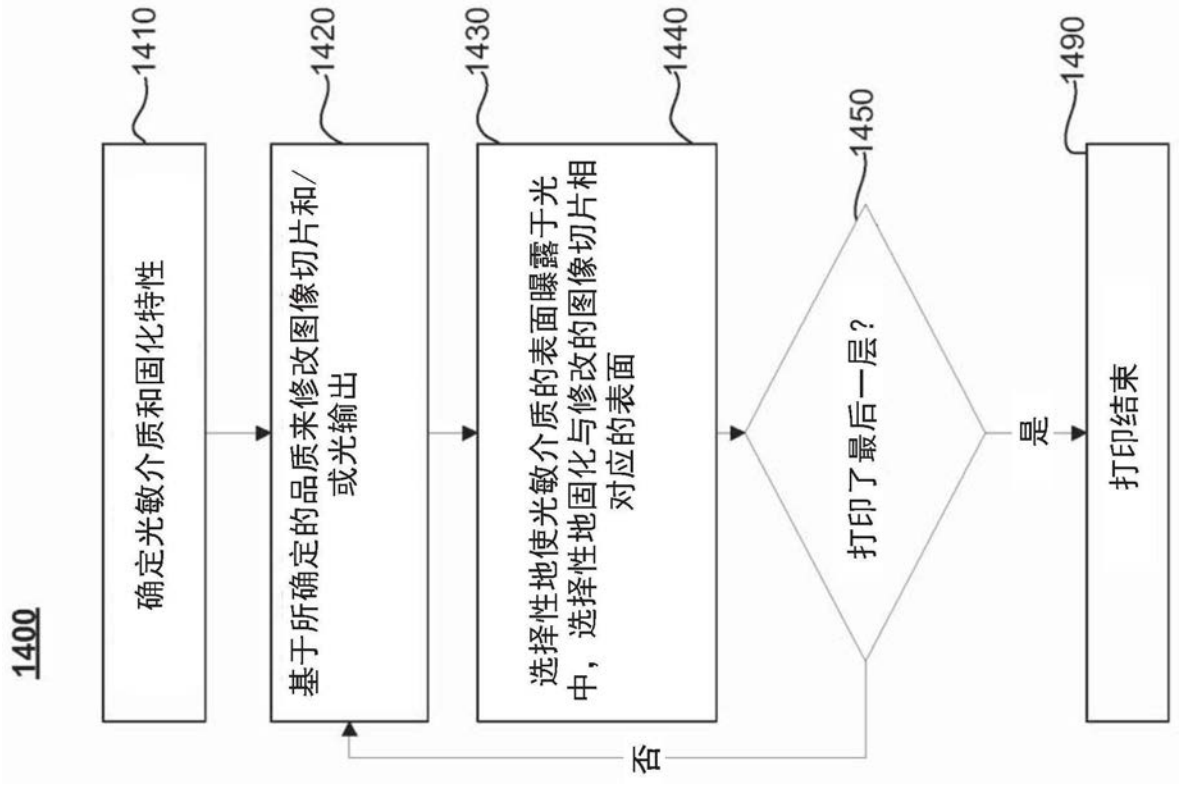
1400
1410
确定光敏介质和固化特性
1420
基于所确定的品质来修改图像切片和/或光输出
1430
选择性地使光敏介质的表面曝露于光中，选择性地固化与修改的图像切片相对应的表面
1440
1450
打印了最后一层？
否
是
1490
打印结束

图14

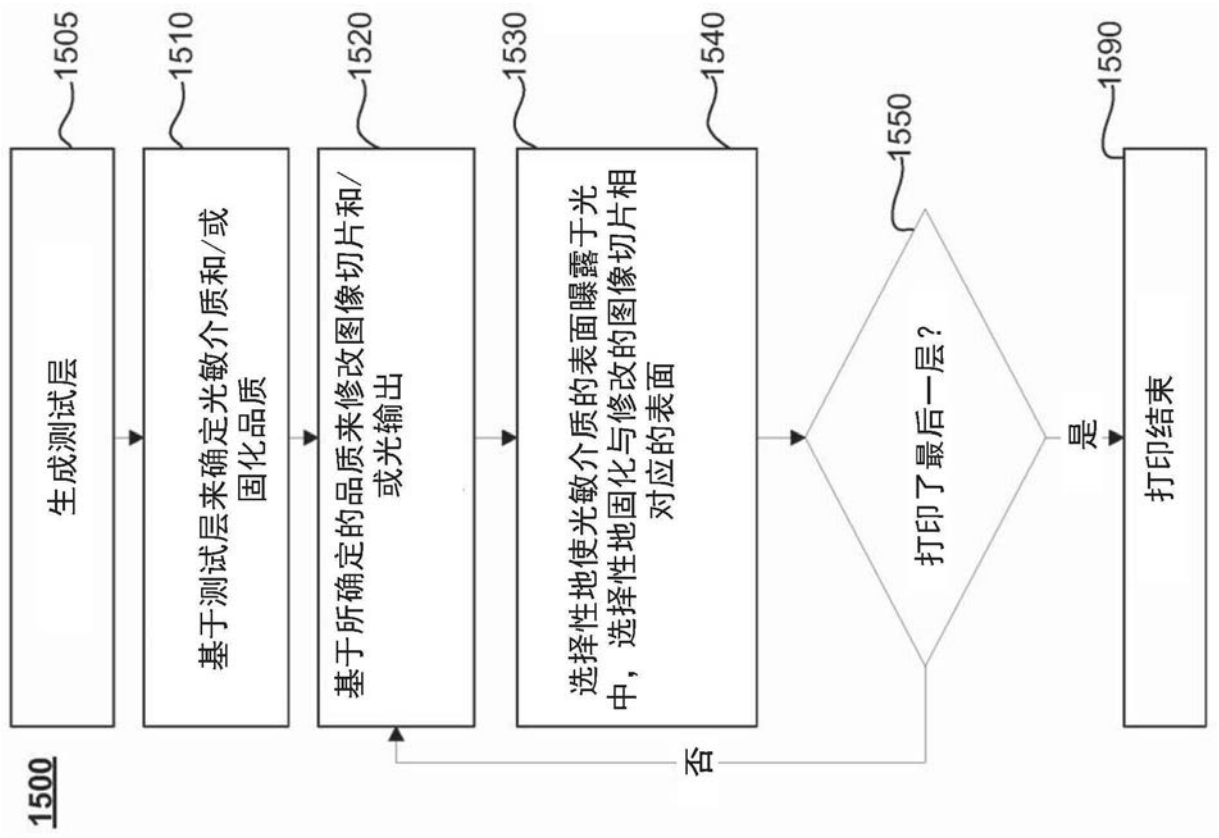
1500
1505
生成测试层
1510
基于测试层来确定光敏介质和/或固化品质
1520
基于所确定的品质来修改图像切片和/或光输出
1530
选择性地使光敏介质的表面曝露于光中，选择性地固化与修改的图像切片相对应的表面
1540
1550
打印了最后一层？
否
是
1590
打印结束

图15

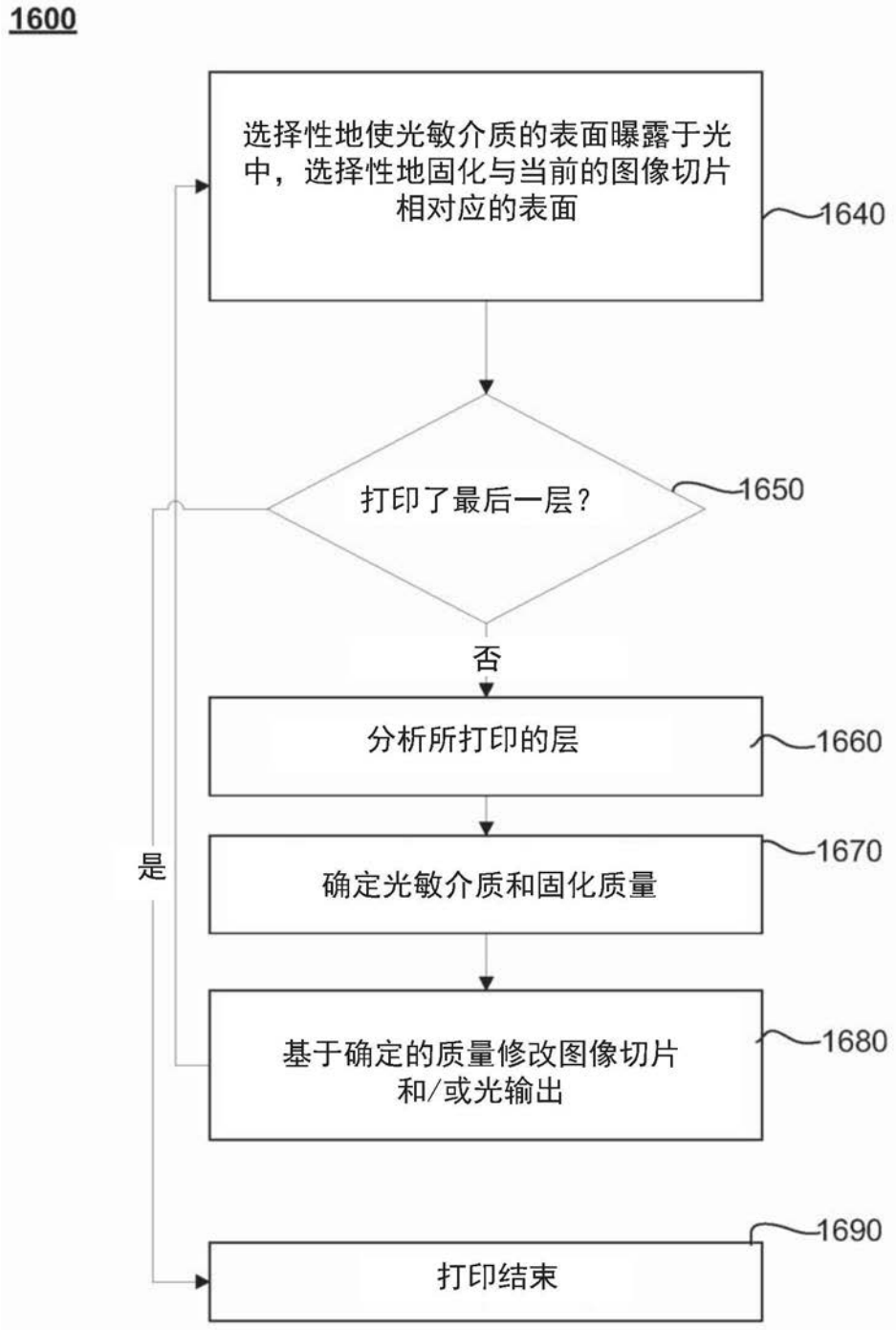
1600
选择性地使光敏介质的表面曝露于光中，选择性地固化与当前的图像切片相对应的表面
1640
打印了最后一层？
1650
否
是
分析所打印的层
1660
确定光敏介质和固化质量
1670
基于确定的质量修改图像切片和/或光输出
1680
打印结束
1690

图16

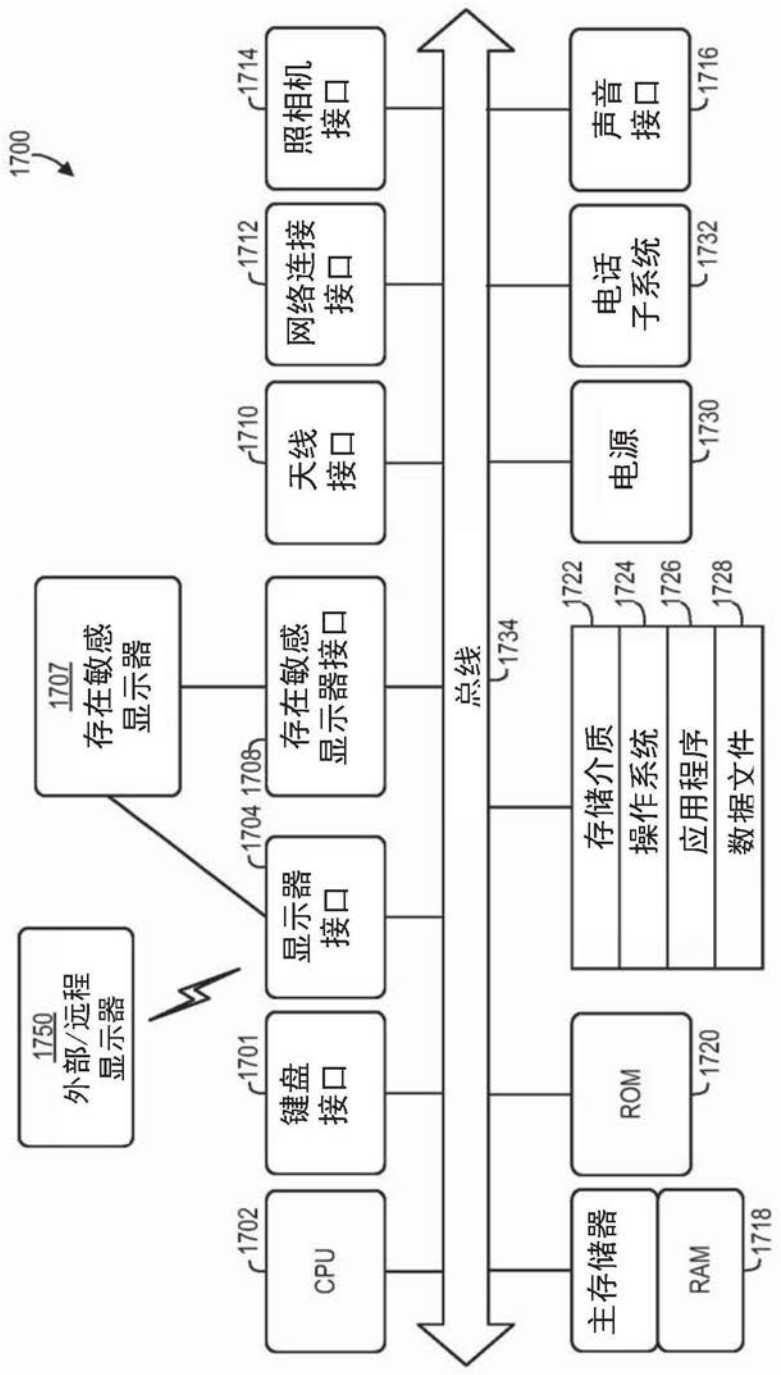
1700
1750
外部/远程
显示器
1707
存在敏感
显示器
1701
键盘
接口
1704
显示器
接口
1708
存在敏感
显示器接口
1710
天线
接口
1712
网络连接
接口
1714
照相机
接口
1716
声音
接口
1732
电话
子系统
1730
电源
1722
存储介质
1724
操作系统
1726
应用程序
1728
数据文件
1734
总线
1702
CPU
1720
ROM
主存储器
RAM
1718

图17