(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118181767 A
(43)申请公布日 2024.06.14

(21)申请号 202410273665.3

(22)申请日 2018.06.13

(62)分案原申请数据
201880096641.8 2018.06.13

(71)申请人 株式会社尼康
地址 日本东京都
申请人 技术研究组合次世代3D积层造形技术总合开发机构

(72)发明人 竹下孝树

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所 11256
专利代理师 陈伟 闫剑平

(51)Int.Cl.
B29C 64/393(2017.01)

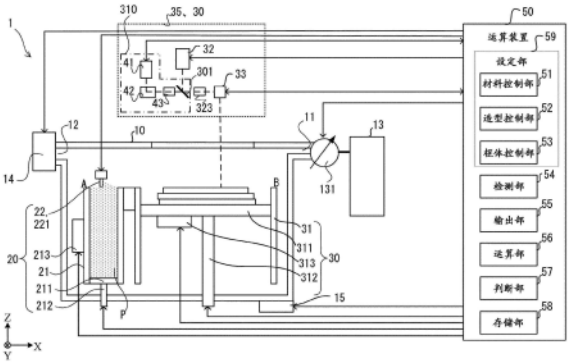
权利要求书1页 说明书93页 附图32页

(54)发明名称

运算装置

(57)摘要

一种运算装置,其在从通过照射能量射线对粉末材料进行加热并造型的固化层对三维造型物进行造型的造型装置中使用,该运算装置具备:检测部,其求出包括利用通过照射能量射线进行的加热使粉末材料熔融的熔融部在内的规定区域的至少一部分的状态;以及输出部,其为了设定造型装置的造型条件,输出基于由检测部求出的状态的状态信息。



CN 118181767 A

1.一种运算装置,其在从将通过照射能量射线而熔融的粉末材料固化而造型的固化部对三维造型物进行造型的造型装置中使用,所述运算装置的特征在于,具备:

检测部,其求出通过照射能量射线使所述粉末材料熔融的熔融部的至少一部分的熔融状态;以及

运算部,其基于由所述检测部求出的所述熔融部的所述至少一部分的所述熔融状态,生成用于改变制造所述三维造型物所使用的造型条件的变更信息,

所述造型条件包括所述能量射线的扫描路径、所述粉末材料的粒度分布、支承所述三维造型物的支承部的形状数据、以及框体内的压力中的至少一个,在所述框体内所述粉末材料通过照射能量射线而熔融。

运算装置

[0001] 发明申请是国际申请日为2018年6月13日、国际申请号为PCT/JP2018/022621、进入中国国家阶段的国家申请号为201880096641.8、发明名称为“运算装置、检测系统、造型装置、运算方法、检测方法、造型方法、计算机可读取存储介质”的发明申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及运算装置。

背景技术

[0003] 以往,已知有将利用光作用等使粉末状的物质固化后的各层层叠来制造三维物体的三维物体制造装置(例如专利文献1)。然而,存在制造出的物体产生了不良情况的担忧。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:美国专利第540758号说明书

发明内容

[0007] 根据第一方面,提供一种运算装置,其在从通过照射能量射线对粉末材料进行加热并造型的固化层对三维造型物进行造型的造型装置中使用,该运算装置具备:检测部,其求出包括利用通过照射能量射线进行的加热使所述粉末材料熔融的熔融部在内的规定区域的至少一部分的状态;以及输出部,其为了设定所述造型装置的造型条件,输出基于由所述检测部求出的所述状态的状态信息。

[0008] 根据第二方面,提供一种运算方法,其在从通过照射能量射线对粉末材料进行加热并造型的固化层对三维造型物进行造型的造型装置中使用,在该运算方法中,求出包括利用通过照射能量射线进行的加热使所述粉末材料熔融的熔融部在内的规定区域的至少一部分的状态,为了设定所述造型装置的造型条件,输出基于求出的所述状态的状态信息。

附图说明

[0009] 图1是示意性示出第一实施方式的造型装置的构成的框图。

[0010] 图2是示意性示出造型装置所具有的造型光学部的具体构成和配置的一例的图。

[0011] 图3是示意性示出变形例中的造型光学部的具体构成和配置的一例的图。

[0012] 图4是示意性示出通过照射激光而产生的材料层上的熔池和其附近的状态的图。

[0013] 图5是示意性示出与所生成的温度图像数据对应的温度图像的一例的图。

[0014] 图6是说明根据所生成的温度图像数据求出飞溅物的处理的图。

[0015] 图7是说明根据所生成的温度图像数据求出烟尘的处理的图。

[0016] 图8是说明造型条件、作为基本条件的功率密度、能量密度以及温度分布、和与基本条件有关的参数的关系的图。

[0017] 图9是说明造型条件、作为基本条件的功率密度、能量密度以及温度分布、和与基

本条件有关的参数的关系的图。

[0018] 图10是说明在进行实时变更的情况下的处理的流程图。

[0019] 图11是说明在进行实时变更的情况下的处理的流程图。

[0020] 图12是说明在进行实时变更的情况下的处理的流程图。

[0021] 图13是说明在进行下一层造型时变更的情况下的处理的流程图。

[0022] 图14是说明在进行下一层造型时变更的情况下的处理的流程图。

[0023] 图15是说明在进行下一层造型时变更的情况下的处理的流程图。

[0024] 图16是说明在进行下一层造型时变更的情况下的处理的流程图。

[0025] 图17是示意性示出第一实施方式的变形例(2)中的造型装置的要部构成的框图。

[0026] 图18是示意性示出第一实施方式的变形例(3)中的造型装置和检测系统的要部构成的框图。

[0027] 图19是示意性示出第二实施方式的造型装置的构成的框图。

[0028] 图20是示意性示出第二实施方式的造型装置所具有的造型光学部和的具体构成和配置的一例的图。

[0029] 图21是说明第二实施方式中的造型装置所进行的处理的流程图。

[0030] 图22是说明第二实施方式中的造型装置所进行的处理的流程图。

[0031] 图23是说明第二实施方式中的造型装置所进行的处理的流程图。

[0032] 图24是示意性示出成为预检测的对象的规定量的粉末材料所形成的形状在ZX平面上的剖面形状的图。

[0033] 图25是说明第二实施方式中的造型装置所进行的处理的流程图。

[0034] 图26是示意性示出第二实施方式的变形例中的造型装置的要部构成的框图。

[0035] 图27是示意性示出第二实施方式的变形例中的造型装置和检测系统的要部构成的框图。

[0036] 图28是示意性示出第三实施方式的造型装置的构成的框图。

[0037] 图29是示意性示出第三实施方式的造型装置所具有的造型光学部的具体构成和配置的一例的图。

[0038] 图30是说明第三实施方式中的造型装置所进行的处理的流程图。

[0039] 图31是示意性示出第三实施方式的变形例中的造型装置的要部构成的框图。

[0040] 图32是示意性示出第三实施方式的变形例中的造型装置和检测系统的要部构成的框图。

具体实施方式

[0041] -第一实施方式-

[0042] 参照附图,对第一实施方式的造型装置进行说明。在以下的说明中,以使用公知的粉末床熔融结合法(PBF)对三维形状的造型物(三维造型物)进行造型的造型装置为例进行说明。此外,粉末床熔融成型法(PBF)也被称为选择性烧结成型方式(SLS)。另外,造型装置不限于粉末床熔融成型法(PBF),也可以使用直接能量沉积法(DED)、材料喷射方式、电子束熔化法(EBM)、热熔堆积法(FDM)等其他方法对三维造型物进行造型的装置。

[0043] 首先,参照图1以及图2,说明造型装置1的构成。图1是示意性示出造型装置1的构

造的框图,图2是示意性示出造型装置1所具有的造型光学部35的具体构成和配置的一例的图。此外,以易于理解为目的,如图1、图2所示,使用由X轴、Y轴以及Z轴构成的正交坐标系进行以下的说明。

[0044] 造型装置1具备:框体10;材料层形成部20;造型部30;运算装置50。材料层形成部20具备材料供给槽21和刮涂机(recoater)22。造型部30具备造型槽31和造型光学部35。此外,为了便于说明,将材料层形成部20和造型部30分成分体的构成进行表述,但也能够将材料层形成部20和造型部30统称为造型部。

[0045] 材料供给槽21为用于收容作为用于三维造型物的造型的材料的粉末材料P的收容容器。材料供给槽21的底面211通过例如由活塞等构成的驱动机构212而沿上下方向(Z方向)移动。若材料供给槽21的底面211朝向Z方向+侧(上方)移动,则与底面211的上升量相应地,材料供给槽21的内部的粉末材料P被压出至外部,该压出的粉末材料P通过后述的刮涂机22而移送至后述的造型槽31。

[0046] 在材料供给槽21设有用于对在内部收容的粉末材料P进行加热的加热器213。加热器213通过基于后述的运算装置50的控制,以使粉末材料P成为期望的温度的方式进行加热。加热器213使用现有的加热方式的加热器。此外,加热器213也可以使用珀耳帖元件等调温元件。该加热器213通过对材料供给槽21内的粉末材料P进行加热,在粉末材料P被移送至造型槽31并利用后述的激光的照射对粉末材料P进行加热之前,事先提高粉末材料P的温度。由此,使通过激光的照射加热的粉末材料P的温度上升到期望的温度(例如熔点)为止所需的热量变少。另外,加热器213通过对吸湿度高且流动性低的粉末材料P进行加热,来降低粉末材料P的吸湿度并提高流动性。由此,使粉末材料P易于被移送至造型槽31,如在后面进行详细说明那样而形成的材料层的平面度、层叠厚度、密度变均等。其结果为,详细内容在后面进行说明,当对材料层照射激光时,基于激光的照射的材料层内部的温度上升成为均等。

[0047] 此外,材料供给槽21不限于从Z方向下部通过驱动机构212将粉末材料P压出至外部的构件。也可以将收容至材料供给槽21的粉末材料P供给至设于材料供给槽21的下方(Z方向-侧)的分配器,使供给至分配器的粉末材料P从设于分配器的下部(Z方向-侧)的排出部落到造型槽31的底板311上,并将落下的粉末材料P通过后述的刮涂机22所具有的叶片221的移动而铺成均匀的厚度。

[0048] 作为粉末材料P,例如,使用对金属粉末、树脂粉末、金属粒子进行树脂粘合剂涂敷的粉末等。金属粉末也可以为在以铁类粉末为主成分的粉末、或在铁类粉末中还包括镍粉末、镍系合成粉末、铜粉末、铜类合金粉末以及黑铅类粉末等中的至少1种类以上的粉末。例如,举出平均粒径为20μm左右的铁类粉末的配合量为60~90重量%、镍粉末以及镍系合金粉末的两方或者一方的配合量为5~35重量%、铜粉末以及铜类合金粉末的两方或者一方的配合量为5~15重量%、以及石墨粉末的配合量为0.2~0.8重量%的粉末。作为树脂粉末,例如,能够使用平均粒径为30μm~100μm左右的聚酰胺、聚丙烯、ABS等粉末。作为对金属粒子涂敷了树脂粘合剂的粉末,也可以使用例如用苯酚树脂或尼龙等添加剂涂敷了金属粒子的表面的粉末。另外,作为粉末材料P,也可以使用陶瓷粉末。作为陶瓷粉末,也可以使用氧化铝或氧化锆等氧化物、氮化硅等氮化物的粉末。此外,粉末材料P也可以为上述材料以外的材料。粉末材料P例如可以为现有的金属粉末、现有的树脂粉末、或者现有的陶瓷粉末,

也可以为将现有的金属、现有的树脂和现有的陶瓷的至少两个材料组合而成的粉末的材料。

[0049] 以下,以使用金属粉末作为粉末材料P的情况为例进行说明。

[0050] 刮涂机22具备:作为材料层形成部件的叶片221;驱动机构(未图示);叶片安装部(未图示)。叶片221为例如沿Y方向延伸的板状的部件。叶片221能够在材质或形状不同的多个种类之间更换地安装于叶片安装部。驱动机构具有例如沿马达或X方向延伸的引导轨等驱动机构,通过使叶片安装部沿X方向移动而使叶片221沿X方向在图1的位置A(材料供给槽21的X方向-侧端部)与位置B(造型槽31的X方向+侧端部)之间移动。像这样使叶片221移动,由此,将收容在材料供给槽21的粉末材料P(更详细来说,根据材料供给槽21的底面211向Z方向+侧(上方)的上升量而向材料供给槽21的外部压出的粉末材料P)移送至后述的造型部30的造型槽31。此时,叶片221一边以将粉末材料P按压至下方(Z方向-侧)的方式施加压力一边移动。通过该叶片221的移动,以规定厚度Δd在造型槽31铺满粉末材料P,形成表面(Z方向+侧的面)被平整化的被称为粉末床(Powder bed)的粉末材料的层(以后,称为材料层)。即,叶片221作为材料层形成部件发挥功能。此外,叶片221能够通过由汽缸等构成的按压机构(未图示)对粉末材料P施加压力。

[0051] 在叶片221使粉末材料P移送至以后述那样被造型的固化层的上部的情况下,在通过向先形成的材料层照射激光而将固化层造型起经过了规定的时间之后,叶片221再次从位置A沿X方向移动,将粉末材料P移送至固化层的上部。在本说明书中,将该规定的时间称为叶片221的待机时间。此外,在将粉末材料P移送至后述的底板311上的情况下,上述规定厚度Δd是指从底板311的表面到材料层的表面(Z方向+侧的面)为止的厚度,在将粉末材料P移送至以后述那样造型的固化层的上部(Z方向+侧)的情况下,上述规定厚度Δd是指,从固化层上部的面(Z方向+侧的面)到形成于该固化层的上部的材料层的表面(Z方向+侧的面)为止的厚度。

[0052] 上述叶片221的移动速度、由叶片221对粉末材料施加的压力和叶片221的待机时间通过运算装置50可变地进行控制。此外,材料层的形成的详细内容在后面进行说明。

[0053] 此外,在本实施方式中,作为材料层形成部件,以板状的叶片221为例进行说明,但材料层形成部件也可以为辊子或能够用于形成其他材料层的部件即可。例如在将辊子用作材料层形成部件的情况下,辊子以使其旋转轴沿Y轴向上的方式进行安装,在通过驱动机构沿X方向移动时,一边旋转一边移动。由此,辊子一边对粉末材料P施加压力一边以规定厚度Δd在造型槽31铺满粉末材料P。

[0054] 造型部30的造型槽31反复进行材料层的形成、以及使所形成的材料层固化的固化层的造型,为用于通过使多个固化层沿Z方向层叠而对三维状的造型物进行造型的造型作业用的容器。本实施方式中的固化层如后述那样,为通过激光的照射而对形成材料层的粉末材料P进行加热,通过加热使粉末材料P熔融并凝固而造型的层。造型槽31的作为底面的底板311为从Z方向-侧支承所形成的材料层和固化层的支承部件。底板311通过造型槽31所包含的例如马达等驱动机构312而沿上下方向(Z方向)移动。详细内容如后述那样,当通过激光的照射来对由向底板311上供给的粉末材料P形成的材料层进行加热并造型出固化层时,底板311向下方向(Z方向-侧)移动,接着,在固化层的上部表面(Z方向+侧)形成新的材料层。该新的材料层被固化而造型出新的固化层。底板311以能够在材质或Z方向上的厚度

不同的多个种类的板材之间进行更换地安装于造型槽31。换言之,底板311也可以说能够在刚性不同的多个种类的板材之间进行更换地安装于造型槽31。

[0055] 在底板311设有用于对底板311进行加热的加热器313。加热器313通过基于后述的运算装置50的控制,以使支承于底板311的材料层、固化层成为期望的温度的方式进行加热(预热)。加热器313可使用现有的加热方式的加热器。此外,作为加热器313,可以使用珀耳帖元件等调温元件。该加热器313对造型槽31内的材料层、固化层进行加热(预热)。加热器313在利用激光的照射对构成材料层的粉末材料P进行加热之前,事先对粉末材料P进行预热来提升温度。由此,通过激光的照射而加热的粉末材料P的温度上升至期望的温度(例如熔点)为止所需的热量变少。另外,加热器313对所造型的固化层进行加热。由此,抑制在固化层冷却时产生残留应力,或者缓和在固化层产生的残留应力。

[0056] 造型部30的造型光学部35具备:获取部310;照射部32;扫描部33;聚焦透镜323。获取部310具备:详细内容在后面说明的摄像装置41;双分支光学系统42;色差修正光学系统43;半反射镜301;视场光圈302。获取部310获取包括粉末材料P熔融的熔融部在内的规定区域(粉末材料P熔融的熔融部、尚未熔融的未熔融的粉末材料P(材料层)、熔融后凝固的区域等)的至少一部分的信息(详细内容在后面进行说明)。此外,也可以与详细内容在后面进行说明的造型光学部35的各构成的配置对应地,不将半反射镜301包含于获取部310。

[0057] 在此,获取部310与照射部32、扫描部33一体构成,因此,为了便于说明,作为造型光学部35的一部分(也就是说,造型部30的一部分)进行说明。然而,获取部310为具有与该获取部310以外的造型部30的构成(也就是说,造型槽31、照射部32、聚焦透镜323、以及扫描部33)不同的功能(获取包含后述的、粉末材料P熔融的熔融部在内的规定区域的至少一部分的信息的功能)的构成,因此,也能够以与造型部30分体的构成来表示。在该情况下,造型部30构成为具备:具有照射部32、扫描部33和聚焦透镜323的造型光学部35、以及造型槽31。另外,在该情况下,半反射镜301也为造型光学部35的一部分,因此,也可以不作为获取部310,而是作为造型光学部35的构成。

[0058] 作为一例,照射部32包括:作为向材料层照射并加热的照射光而射出激光的激光振荡器321;将从激光振荡器321射出的激光准直为平行光的准直镜322(参照图2)。作为激光振荡器321,例如能够使用二氧化碳激光、Nd:YAG激光、纤维激光等。

[0059] 激光振荡器321例如由共振镜等构成,具有充满了激光介质的增幅器和激发光源。由通过激发光源的光激发的激光介质而产生的光经过在增幅器内反复反射而产生振荡,并作为激光而从激光振荡器射出。激光振荡器321作为激光的振荡模式(振荡形态),包含:使激发光源连续点亮的CW(连续波)振荡;使激发光源脉冲地点亮,并通过对激发光源的点亮时间幅度和电流值进行电性控制来控制激光的输出波形的通常脉冲振荡;在短时间内射出脉冲宽度的窄峰值输出很大的激光的Q开关脉冲振荡等。激光振荡器321射出例如波长为1070nm的激光。此外,激光振荡器321也可以射出其他波长的光、例如比800nm大的红外光、400nm～800nm的范围的可视光、比400nm短的紫外光。此外,在后面对照射部32的具体构成进行说明。另外,照射部32通过基于运算装置50的控制,利用公知的形状可变透镜等,将来自激光振荡器321的激光的强度分布在高斯分布与平顶分布等之间切换地射出。

[0060] 另外,照射部32也可以代替激光而是向材料层照射现有的发光二极管(LED)、电子线、质子线、中性子线等现有的粒子线来对粉末材料P进行加热。在本实施方式中,作为照射

部32,能够应用包括现有的激光、现有的发光二极管、现有的粒子线等在内的能量射线。

[0061] 扫描部33由电流镜构成,在材料层上沿X方向以及Y方向上的至少一方扫描从照射部32射出的激光。此外,在后面具体说明扫描部33的具体构成。

[0062] 摄像装置41对利用来自照射部32的激光进行照射而熔融的材料层的熔融部和其附近的规定区域进行拍摄,生成包括材料层的熔融部和其附近在内的规定区域的像的图像数据。所生成的图像数据为利用后述的摄像元件411对来自包括材料层的熔融部和其附近在内的规定区域的光进行光电转换而得到的各像素的信号强度。所生成的图像数据被输出至后述的运算装置50。此外,在后面说明摄像装置41的具体构成。

[0063] 此外,如上所述,就造型光学部35而言,由于使对材料层照射激光的构成与拍摄材料层的像的构成部分共用,因此,也能够称为摄像光学系统。

[0064] 框体10在内部收容有材料供给槽21、刮涂机22、收容有固化层的造型槽31。此外,使材料供给槽21的底面211移动的驱动机构212的一部分、使造型槽31的底板311移动的驱动机构312的一部分也可以不收容在框体10的内部内。在框体10形成有吸气口11和排气口12。在吸气口11经由阀等吸气装置131而连接有填充有例如氩气、氮气等非活性气体的气罐13。在排气口12连接有具有例如真空泵等排气装置14。由运算装置50控制的排气装置14和吸气装置131以得到所设定的框体10内的压力的方式将框体10内部排气。另外,吸气装置131通过将填充在气罐13内的非活性气体导入框体10的内部,来降低框体10内的氧浓度。由于框体10内的氧浓度下降,所以防止粉末材料P的氧化。导入框体10的内部的非活性气体的流量以及流速利用吸气装置131的阀的开度以及排气装置14的排气量进行控制。在框体10设有对内部进行加热的加热器15,利用后述的运算装置50来控制,以使框体10的内部成为期望的温度的方式进行加热。加热器15使用现有的加热方式的加热器。此外,作为加热器15,也可以使用珀耳帖元件等调温元件。该加热器15通过对框体10内进行加热,来加热造型槽31内的材料层、固化层。加热器15在利用激光的照射对构成材料层的粉末材料P进行加热之前,事先提升粉末材料P的温度。由此,被照射激光的粉末材料P的温度上升到期望的温度(例如熔点)为止所需的热量变少。

[0065] 以上述方式来控制包括框体10内的氧浓度、非活性气体的流量以及流速、非活性气体的种类、框体10内的压力、框体10内的温度在内的框体10的内部的环境气体。另外,为了使来自照射部32的激光透射,框体10的上表面(Z方向+侧)的至少一部分的区域利用具有玻璃等透光性的部件来形成。该一部分的区域例如为与从扫描部33朝向材料层上的激光的光路交叉的区域。

[0066] 在此,参照图2,对造型光学部35的具体构成和配置的一例进行说明。

[0067] 如图2所示,从照射部32的激光振荡器321向Z方向-侧射出的激光通过半反射镜301而向X方向+侧反射,并使聚焦透镜323通过而入射至扫描部33。此外,来自照射部32的激光的射出方向不限于Z方向-侧,半反射镜301反射激光的方向不限于X方向+侧。基于配置有照射部32的位置与配置有材料层的位置以及/或者造型光学部35的其他构成的位置之间的关系,以使激光的射出方向、半反射镜301的反射方向适当成为优选的方向的方式来决定。

[0068] 聚焦透镜323具有凹透镜323a和凸透镜323b。为了对由后述的电流镜331、332反射的激光的焦点位置(焦点距离)进行调整,凹透镜323a构成为由运算装置50进行控制,能够利用未图示的驱动机构沿X方向进行移动。因此,作为该凹透镜323a的X方向上的位置,能够

利用材料层上的激光的光束径(光斑尺寸)进行调整。在该情况下,利用后述的电流镜331、332的驱动(即,电流镜331、332的角度的变化),使激光到达材料层的表面为止行进的距离变动,因此,聚焦透镜323以使由电流镜331、332反射的激光的集光点与材料层的表面对准的方式,根据电流镜331、332的驱动来调整激光的焦点位置。

[0069] 另外,也不是必须伴随电流镜331、332的驱动以使激光的集光点和材料层的表面对准的方式来调整激光的焦点位置。例如,也可以为以针对材料层上的激光的每个照射位置变更激光的光束径(光斑尺寸)的方式,根据电流镜331、332的驱动(电流镜331、332的角度的变化),利用由运算装置50控制的未图示的驱动机构来控制凹透镜323a的位置。此外,凹透镜323a也可以不构成为能够移动,也可以构成为凸透镜323b能够利用未图示的驱动机构而在X方向上移动,也可以构成为凹透镜323a和凸透镜323b这两方的透镜均能够利用未图示的驱动机构而在X方向上移动。另外,聚焦透镜323也可以为包括凹透镜323a和凸透镜323b在内的所谓伽利略型,也能够采用其他现有的光学系统。

[0070] 此外,不限于聚焦透镜323的凹透镜323a、凸透镜323b能够在X方向上移动的构成。以基于配置有聚焦透镜323的位置与配置有造型光学部35的其他构成的位置之间的关系,使凹透镜323a、凸透镜323b的移动方向适当成为优选的方向的方式来决定。

[0071] 扫描部33具有电流镜331和332。电流镜331相对于Z轴呈以规定的角度倾斜的状态来配置。电流镜331的相对于Z轴的倾斜角度利用基于运算装置50的控制来变更。电流镜331将从聚焦透镜趋向X方向+侧行进的激光朝向与电流镜331相比设在Z方向+侧的电流镜332进行反射。

[0072] 电流镜332以相对于XY平面呈规定的角度倾斜的状态进行配置。电流镜332的相对于XY平面的倾斜角度通过基于运算装置50的控制来变更。由电流镜331反射的激光被电流镜332反射而导向材料层的表面。通过变更电流镜331的相对于Z轴的倾斜角度、和电流镜332的相对于XY平面的倾斜角度,使照射有激光的材料层上的位置在X轴以及Y轴的至少一方上移动。由此,能够使被激光照射的材料层上的位置在XY平面上移动,即,进行扫描。

[0073] 此外,电流镜331、332的配置、由电流镜331反射激光的反射方向不限于上述配置、反射方向。以基于配置有扫描部33的位置与配置有造型光学部35的其他构成的位置之间的关系,使电流镜331、332的配置、基于电流镜331的激光的反射方向适当成为优选的配置、反射方向的方式来决定。

[0074] 若由上述电流镜331、332设定的扫描角度量增加,则激光的扫描距离增加。扫描距离为在被激光照射的材料层上的位置(照射位置)在XY平面上移动时的照射位置的移动距离。另外,若变更电流镜331、332的倾斜角度的速度增加,则激光的扫描速度增加。扫描速度是指,在材料层上的照射位置在XY平面上移动时的速度。即,运算装置50通过控制电流镜331、332的扫描角度量、变更速度,来控制激光的扫描距离、扫描速度。

[0075] 利用电流镜331、332的倾斜角度来决定材料层的表面上的激光的照射位置。在利用后述的摄像装置41进行拍摄时,所生成的图像数据与照射位置信息和时间信息建立关联地存储在存储部58内。照射位置信息为表示激光的照射位置的信息。如上所述,激光的照射位置根据电流镜331、332的倾斜角度而移动,因此,基于利用编码器等检测到的电流镜331、332的倾斜角度算出材料层上的激光的照射位置。另外,与图像数据建立关联的照射位置信息也可以为电流镜331、332的倾斜角度。时间信息是表示以激光的照射开始时为基准利用

摄像装置41进行了拍摄的定时的时间信息。

[0076] 此外,扫描部33不限于由上述电流镜331、332构成。例如,扫描部33也可以由使造型槽31的底板311沿X方向以及Y方向上的至少一方移动的驱动机构来构成。在该情况下,驱动机构由马达、或在X方向上延伸的引导轨、或在Y方向上延伸的引导轨等来构成,使底板311在XY平面上移动。由此,改变激光的照射位置和材料层的在XY平面上的相对位置关系,利用激光在材料层上进行扫描。在该情况下,也可以通过进行基于上述电流镜331、332的激光的XY平面上的照射位置的移动、和进行基于底板311的移动的材料层的XY平面上的移动来扫描激光。另外,也可以通过固定上述电流镜331、332的倾斜角度,仅进行伴随底板311移动的材料层在XY平面上的移动来扫描激光。改变激光和底板311(即,材料层)的XY平面上的相对位置关系的构成不限于上述的构成,还能够应用其他现有的构成。

[0077] 来自材料层上的、包括粉末材料P熔融的熔融部在内的规定区域(粉末材料P熔融的熔融部、尚未熔融的未熔融的粉末材料P(材料层)、熔融后凝固的区域等)的至少一部分的区域的光(以下,为了便于说明而称为热辐射光)在与激光同轴的光路相反的方向上行进。即,热辐射光从材料层表面朝向Z方向+侧行进,利用电流镜332被向电流镜331反射,利用电流镜331被向X方向-侧反射。向X方向-侧行进的来自规定区域的光入射至聚焦透镜323,并从凸透镜323b和凹透镜323a通过,而成为平行光束。从聚焦透镜323通过的热辐射光透射半反射镜301,向X方向-侧行进,并入射至色差修正光学系统43。此外,将激光反射并使热辐射光透射的光学部件也可以不为半反射镜。例如,也可以为双色镜等现有的光学部件。

[0078] 色差修正光学系统43对因从聚焦透镜323通过而在热辐射光产生的轴上色差、倍率色差等进行修正。色差修正光学系统43包括第1透镜431、第2透镜432、第3透镜433,并以该顺序从X方向+侧起进行配置。第1透镜431和第2透镜432分别为将凸透镜和凹透镜组合而成的接合透镜。第1透镜431具有正的折射率,第2透镜432具有负的折射率,第3透镜具有正的折射率。第1透镜431和第2透镜432使从半反射镜301透射而入射的热辐射光以平行光束的状态入射至X方向-侧的第3透镜433,第3透镜433聚集该平行光束并形成一次像面。以在该一次像面上不产生轴上色差、倍率色差的方式来决定第1透镜431、第2透镜432和第3透镜433的分布。在该情况下,以使透射了第1透镜431以及第2透镜432的热辐射光所包含的色差通过由第3透镜433的集光而产生的色差来抵消的方式,来决定各透镜的分布。

[0079] 此外,色差修正光学系统43的第1透镜431、第2透镜432、第3透镜433不限于沿X方向配置。以基于配置有色差修正光学系统43的位置与配置有造型光学部35的其他构成的位置之间的关系,使配置有第1透镜431、第2透镜432、第3透镜433的方向适当成为优选的方向的方式来决定。

[0080] 在一次像面配置有视场光圈302。使热辐射光朝向X方向-侧通过设于视场光圈302的开口,由此,来限制入射至后述的摄像装置41的光束成像而生成的图像(图像数据)的视野。在本实施方式中,视场光圈302的开口以生成包括激光的照射位置在内的规定区域的图像(图像数据)的方式决定了该开口的大小。由此,抑制材料层上的规定区域外的像包含在图像(图像数据)上。从视场光圈302通过的热辐射光入射至配置在视场光圈302的X方向-侧的双分支光学系统42。

[0081] 双分支光学系统42具有:对物透镜421;光束分割部422;光束偏转部423、424;光束合成部425;成像透镜426;第1滤光片427;第2滤光片428。对物透镜421为准直透镜,将从视

场光圈302到达的热辐射光准直为平行光。光束分割部422例如由双色镜、分束器等构成，使热辐射光中的具有特定波长的光束透射，将特定波长以外的光束反射。在本实施方式中，光束分割部422使入射的热辐射光中的波长为λ1的光透射，并将其导向设于X方向-侧的第1滤光片427，将波长为λ2的光反射，并将其导向设于Z方向+侧的光束偏转部423。光束偏转部423例如由双色镜等构成，将波长为λ2的光反射，并将其导向设于X方向-侧的第2滤光片428。此外，在本实施方式中，对将波长为λ1设为例如1250[nm]、且将波长为λ2设为例如1600[nm]进行说明，但波长为λ1、λ2不限于上述值。

[0082] 第1滤光片427为使波长为λ1的光透射的带通滤光片。从光束分割部422透射的波长为λ1的光透射第1滤光片427，并入射至配置于X方向-侧的光束偏转部424。第2滤光片428为使波长为λ2的光透射的带通滤光片。由光束偏转部423反射的波长为λ2的光透射第2滤光片428，并入射至光束合成部425。光束偏转部424由例如双色镜等构成，光束的反射面以相对于XY平面成为规定的倾斜角度的方式配置。

[0083] 光束合成部425由例如双色镜等构成，光束的反射面以相对于XY平面成为规定的倾斜角度的方式配置。由光束偏转部424反射的波长为λ1的光朝向Z方向+侧行进，透射光束合成部425，由成像透镜426集光并入射至摄像装置41。入射至光束合成部425的波长为λ2的光在被光束合成部425反射之后，朝向Z方向+侧行进，由成像透镜426集光并入射至摄像装置41。在此，配置为光束偏转部424的反射面的倾斜角度和光束合成部425的反射面的倾斜角度成为彼此不同的角度。因此，来自光束偏转部424的波长为λ1的光和来自光束合成部425的波长为λ2的光相对于成像透镜426以不同的角度入射，在后述的摄像装置41所具有的摄像元件411的摄像面上聚集在不同的位置。

[0084] 在本实施方式中，构成为能够改变光束偏转部424和光束合成部425的反射面与XY平面所成的角度。即，设有使光束偏转部424和光束合成部425的反射面驱动的驱动机构(未图示)，驱动机构根据基于运算装置50的控制，来驱动光束偏转部424和光束合成部425的反射面，改变反射面与XY平面所成的角度。由此，实时变更波长为λ1的光和波长为λ2的光向摄像元件411上入射的入射位置。

[0085] 此外，也可以构成为能够改变上述的光束分割部422的反射面和光束偏转部423的反射面与XY平面所成的角度。即，也可以设有使光束分割部422的反射面和光束偏转部423的反射面驱动的驱动机构(未图示)，驱动机构根据基于运算装置50的控制，驱动光束分割部422的反射面和光束偏转部423的反射面，来改变反射面与XY平面所成的角度。另外，不限于光束分割部422的反射面和光束偏转部423的反射面通过驱动机构来驱动的例子，也可以由用户手动调整光束分割部422的反射面和光束偏转部423的反射面。基于该手动的调整例如在纳入了造型装置时的装置启动时、或在维护造型装置1时进行。

[0086] 另外，双分支光学系统42的各构成的配置、热辐射光的反射方向不限于上述的配置、反射方向。以基于配置有双分支光学系统42的位置与配置有造型光学部35的其他构成的位置之间的关系，使双分支光学系统42的各构成的配置、热辐射光的反射适当成为优选的配置、反射方向的方式来决定。

[0087] 摄像装置41具有例如由CMOS、CCD等构成的摄像元件411、读出利用摄像元件411进行了光电转换的图像信号的读出电路、以及控制摄像元件411的驱动的控制电路等。入射至摄像装置41的热辐射光通过成像透镜426而聚集在摄像元件411的摄像面上。摄像装置41对

入射来的光束进行光电转换,生成图像数据并输出至运算装置50。

[0088] 如上所述,配置为光束偏转部424的反射面的倾斜角度和光束合成部425的反射面的倾斜角度成为彼此不同的角度。因此,来自材料层的规定区域的热辐射光中的、由光束偏转部424反射的波长为λ1的光和由光束合成部425反射的波长为λ2的光相对于成像透镜426以不同的角度入射,而聚集在摄像元件411的摄像面上的不同位置。即,来自材料层的规定区域的热辐射光中的波长不同的两个光分别所成的像出现在同一图像上的(同一图像数据上的)不同的位置。

[0089] 此外,如上所述,能够改变光束偏转部422、423的反射面与XY平面所成的角度和光束偏转部424、光束合成部425的反射面与XY平面所成的角度。因此,运算装置50通过控制光束偏转部424、光束合成部425的反射面与XY平面所成的角度,能够调整热辐射光中的波长为λ1的光在摄像元件411上集光的位置与波长为λ2的光在摄像元件411上集光的位置之间的相对位置关系。此外,如上所述,在能够改变光束分割部422的反射面与光束偏转部423的反射面的角度的情况下,通过改变光束分割部422的反射面与光束偏转部423的反射面的角度,也能够调整波长为λ1的光和波长为λ2的光在摄像元件411上集光的位置。

[0090] 通过具有图2示出的上述构成,能够将用于照射激光的光学系统和用于利用摄像装置41进行拍摄的光学系统同轴配置。由此,光学系统的构成简化,从而抑制装置的大型化。

[0091] 另外,通过设有双分支光学系统42,能够将不同的两个波长为λ1和λ2的光聚集在摄像元件411的不同位置。即,来自粉末材料P中的包括熔融的熔融部在内的规定区域(粉末材料P熔融的熔融部、尚未熔融的未熔融的粉末材料P(材料层)、熔融后凝固的区域等)的热辐射光的波长不同的两个光各自所成的像出现在同一图像上(同一图像数据上)的不同位置。后述的运算装置50的检测部54使用后述的公知的双色法,将该同一图像(同一图像数据)上的不同位置的像各自的亮度信息的比换算成粉末材料P中的包括熔融的熔融部在内的规定区域(粉末材料P熔融的熔融部、尚未熔融的未熔融的粉末材料P(材料层)、熔融后凝固的区域等)的温度。在此,亮度信息为亮度值或与亮度有关的值。详细内容如后述那样,由于存在粉末材料P熔融的区域、尚未熔融的未熔融的粉末材料P和熔融后凝固的区域,所以在照射有激光的材料层上的相态不同。因此,在材料层的规定区域内,针对每种相态,光的辐射率不同。另外,光的辐射率还根据粉末材料P的种类而不同。

[0092] 另外,详细内容如后述那样,因照射激光而从粉末材料P熔融的区域产生烟尘。烟尘为因基于激光的照射的加热而使粉末材料P成为蒸汽,该蒸汽在空气中被冷却而成为固体并浮游的多个微细粒子。包括两个波长的热辐射光通过基于烟尘的散射而衰减。然而,在双色法中,根据基于波长为λ1的光所生成的图像数据的亮度信息与基于波长为λ2的光所生成的图像数据的亮度信息的比(例如,亮度值的比)而换算成温度,因此,粉末材料P中的包括熔融的熔融部在内的规定区域(粉末材料P熔融的熔融部、尚未熔融的未熔融的粉末材料P(材料层)、熔融后凝固的区域等)的辐射率或包括两个波长的热辐射光不受基于烟尘的散射的影响。因此,基于利用摄像装置41生成的图像数据,不受照射有激光的粉末材料P的状态、烟尘等影响地,获取与材料层的温度有关的信息。

[0093] 此外,造型光学部35的构成和配置不限于上述图2示出的例子。

[0094] 例如,获取部310具有两个摄像装置41,可以利用一方摄像装置拍摄热辐射光中的

波长为λ1的光,利用另一方摄像装置拍摄热辐射光中的波长为λ2的光。以一方摄像装置所具有的摄像元件的摄像面与YZ平面平行,另一方摄像装置所具有的摄像元件的摄像面与XY平面平行的方式配置有两个摄像装置。双分支光学系统42具有图2示出的、光束分割部422、第1滤光片427和第2滤光片428。另外,没有设置图2示出的视场光圈302。色差修正光学系统43的第3透镜433配置于两个摄像装置41各自的前表面。即,在色差修正光学系统43的第2透镜432与第3透镜433之间配置有双分支光学系统42的第1滤光片427、第2滤光片428以及光束分割部422。从色差修正光学系统43的第1透镜431以及第2透镜432通过的光束利用光束分割部422而使波长为λ1的光透射且透射第1滤光片427并向X方向-侧行进,利用一方第3透镜433聚集至一方摄像装置的摄像元件。由光束分割部422反射的波长为λ2的光向Z方向+侧行进,透射第2滤光片428,利用另一方第3透镜433聚集至另一方摄像装置的摄像元件。由此,各自的摄像装置能够针对彼此不同的波长的每种波长生成图像数据。

[0095] 另外,获取部310例如也可以代替图2示出的双分支光学系统42,而使用能够对透射的光的波长进行切换的滤光片。该滤光片配置在色差修正光学系统43的第2透镜432与第3透镜433之间,具有透射波长为λ1的光的区域(第1区域)、和透射波长为λ2的光的区域(第2区域)。滤光片的第1区域和第2区域按照规定的时间间隔,交替插入热辐射光的光路上。例如,构成为,在圆板状的部件(转台)设有波长透射率不同的多个滤光片,转台的面与YZ平面平行配置,能够通过未图示的驱动机构以转台的中心为旋转中心进行旋转。例如,若作为波长透射率不同的多个滤光片而在转台设置第1滤光片和第2滤光片,则当利用驱动机构使转台旋转时,按照与旋转速度对应的时间间隔将第1滤光片和第2滤光片交替插入热辐射光的光路上。因此,在滤光片插入光路上的期间,使热辐射光中的波长为λ1的光透射并通过第3透镜433而聚集至摄像装置41的摄像元件411,在第2滤光片插入光路上的期间,使波长为λ2的光透射并通过第3透镜433聚集至摄像元件411。由此,按照与转台的旋转速度对应的时间间隔,摄像装置41基于波长为λ1的光生成图像数据、且基于波长为λ2的光生成图像数据。此外,在该情况下,没有设置图2示出的视场光圈302。由此,摄像装置41能够按照与转台的旋转速度对应的时间间隔,针对不同波长的每种波长生成图像数据。

[0096] 或者,也可以与构成摄像元件411的像素的配置对应地,在摄像装置41的摄像元件411上配置用于选择波长为λ1和波长为λ2各自的波长的滤光片。在该情况下,不设置图2示出的双分支光学系统42、视场光圈302。由此,能够生成波长为λ1和λ2的图像数据。

[0097] 或者,如图3的(a)所示,也可以具有对材料层上的激光的焦点位置进行调整的第1聚焦透镜324、和对来自材料层的辐射光的在摄像元件411上的焦点位置进行调整的第2聚焦透镜325。第1聚焦透镜324以及第2聚焦透镜325具有与图2示出的聚焦透镜323所具有的凹透镜323a和凸透镜323b同样的凹透镜324a、325a和凸透镜324b、325b。

[0098] 在图3的(a)示出的例子中,来自激光振荡器321的激光向Z方向+侧行进,透射第1聚焦透镜324,透射半反射镜301,并入射至扫描部33。热辐射光经由扫描部33入射至半反射镜301,由半反射镜301反射并向Z方向+侧行进。热辐射光透射第2聚焦透镜325,并透射具有与图2示出的情况相同的构成的色差修正光学系统43,入射至双分支光学系统42。双分支光学系统42也具有与图2示出的情况相同的构成,因此,热辐射光成为被分割成两个波长的光,各自的光聚集在摄像装置41的摄像元件411上的不同位置。

[0099] 此外,激光振荡器321和第1聚焦透镜324也可以沿Z方向配置,第2聚焦透镜325、色

差修正光学系统43和双分支光学系统42也可以沿X方向配置。

[0100] 换言之,在图3的(a)示出的例子中,获取部310具有:摄像装置41;双分支光学系统42;色差修正光学系统43;第2聚焦透镜325;半反射镜301。由此,获取部310获取粉末材料P中的包括熔融的熔融部在内的规定区域(粉末材料P熔融的熔融部、尚未熔融的未熔融的粉末材料P(材料层)、熔融后凝固的区域等)的信息。

[0101] 此外,获取部310为具有与该获取部310以外的造型部30的构成不同的功能(获取包括粉末材料P熔融的熔融部在内的规定区域的至少一部分的信息的功能)的构成,因此,还能够以与造型部30(造型光学部35)分体的构成来表达。另外,在该情况下,半反射镜301还构成造型光学部35的一部分,因此,不仅能够作为获取部310,还能够作为造型光学部35的构成。

[0102] 或者,如图3的(b)所示,也可以代替聚焦透镜323而将fθ透镜326设在扫描部33与材料层之间。fθ透镜326为在将fθ透镜326的焦点距离设为f的情况下将入射角度θ的光聚集至像高f×θ的位置的透镜。因此,在通过扫描部33扫描了激光时,将因电流镜331、332的倾斜角度而使入射角度变化的激光的焦点设定在同一平面上(即,材料层上)的不同位置。

[0103] 在该情况下,从照射部32射出的激光向X方向+侧行进,透射半反射镜301,经由扫描部33以及fθ透镜326而照射至材料层。热辐射光经由fθ透镜326以及扫描部33到达半反射镜301,利用半反射镜301反射至Z方向+侧,经由第1透镜431以及双分支光学系统42而入射至装置41。由此,与图2示出的情况同样地,能够针对不同波长的每种波长生成图像数据。

[0104] 此外,激光振荡器321也可以沿Z方向配置,第1透镜431和双分支光学系统42也可以沿X方向配置。

[0105] 换言之,获取部310具有:图3的(b)示出的摄像装置41;双分支光学系统42;色差修正光学系统43;半反射镜301。由此,获取部310获取粉末材料P中的包括熔融的熔融部在内的规定区域(粉末材料P熔融的熔融部、尚未熔融的未熔融的粉末材料P(材料层)、熔融后凝固的区域等)的信息。

[0106] 此外,获取部310为具备与该获取部310以外的造型部30的构成不同的功能(获取包括粉末材料P熔融的熔融部在内的规定区域的至少一部分的信息的功能)的构成,因此,也能够以与造型部30(造型光学部35)分体的构成来表达。另外,在该情况下,半反射镜301也为造型光学部35的一部分,因此,也能够不仅作为获取部310的构成,还能够作为造型光学部35的构成。

[0107] 此外,检测部54也可以不使用双色法。例如,也可以基于来自包括粉末材料P熔融的熔融部在内的规定区域的至少一部分的热辐射光的任意一种波长的光所产生的图像数据,生成温度图像数据。在该情况下,也可以将获取部310的双分支光学系统42替换为包括对物透镜421、用于选择任意一种波长的滤光片、成像透镜426在内的构成。另外,在该情况下,也可以不设有获取部310的色差修正光学系统43。此外,检测部54也可以不基于由任意一种波长的光产生的图像数据,而是基于任意三种以上的波长的光所产生的图像数据,生成温度图像数据。在该情况下,只要构成为增加获取部310的双分支光学系统42中的光路分支即可。

[0108] 图1的运算装置50具有微处理器、和其周边电路等,为通过读取并执行事先存储于由非易失性的存储介质(例如快闪存储器等)构成的存储部58的控制程序,由此控制造型装

置1的各部分的处理器。运算装置50具有:设定部59;检测部54;输出部55;运算部56;判断部57。此外,运算装置50也可以由CPU、ASIC、可编程MPU等构成。

[0109] 设定部59基于从后述的输出部55输出的状态信息,设定由造型装置1对三维造型物进行造型的各种条件(造型条件)。此外,在后面说明状态信息。设定部59具备:材料控制部51;造型控制部52;框体控制部53。

[0110] 材料控制部51按照用于形成材料层的条件的材料层形成条件,控制材料层形成部20的动作。材料层形成条件包括叶片221的移动速度、叶片221对粉末材料P施加的压力、叶片221的待机时间和叶片211的材质。另外,材料控制部51按照与粉末材料P相关联的条件,控制材料层形成部20的动作。作为与粉末材料P相关联的条件,包括详细内容在后面进行说明的、粉末材料P的粒径/粒度分布、粉末材料P的吸湿度、粉末材料P的种类。在该情况下,材料控制部51控制驱动材料供给槽21的底面211的驱动机构212的动作、和基于对收容至材料供给槽21的粉末材料进行加热的加热器213的加热温度。当利用后述的运算部56生成变更信息时,材料控制部51按照基于变更信息的内容的材料层形成条件、与粉末材料P相关联的条件,来改变材料层形成部20的动作。

[0111] 造型控制部52控制造型部30的动作。造型控制部52基于为了对粉末材料P进行加热而向粉末材料P射出的激光的条件,控制照射部32。作为激光的条件,包括详细内容在后面进行说明的、激光的输出、激光的波长、激光的强度分布、和激光的光束尺寸(光斑尺寸)。造型控制部52基于用于为了对粉末材料P进行加热而扫描激光的扫描条件,控制扫描部33。作为扫描条件,包括详细内容在后面进行说明的、激光的扫描速度、激光的照射位置的间隔、激光的扫描路径。造型控制部52基于与支承粉末材料P以及固化层的底板311相关联的支承部条件,控制底板311的动作。作为支承部条件,包括详细内容在后面进行说明的底板311的温度,造型控制部52基于该支承部条件,控制对基于底板311进行加热的加热器313的加热温度。另外,造型控制部52控制驱动造型槽31的底板311的驱动机构312的动作。造型控制部52按照变更信息的内容,进行固化层、三维造型物的设计数据的变更。作为设计数据,包括详细内容在后面进行说明的切片模型数据、支承部的形状数据。若利用后述的运算部56生成变更信息,则控制部52按照变更信息的内容,改变造型部30的动作、设计数据。

[0112] 框体控制部53根据与框体10的内部的环境气体相关联的条件,控制吸气装置131以及排气装置14的动作、加热器15的动作。作为与框体10的内部的环境气体相关联的条件,包括详细内容在后面进行说明的、向框体10导入的非活性气体的流量和流速、和框体10的内部的温度。若利用后述的运算部56生成变更信息,则框体控制部53按照基于变更信息的内容的与框体10的内部的环境气体相关联的条件,变更吸气装置131、排气装置14、加热器15的动作。

[0113] 存储部58除了存储上述控制程序以外,还存储由后述的检测部54进行的包括熔融部在内的规定区域的至少一部分的状态的检测、由运算部56进行的变更信息生成、由判断部57进行判断处理时所使用的各种信息。

[0114] 检测部54基于利用上述摄像装置41所生成的图像数据,求出中的规定区域的至少一部分的状态。在此,规定区域包括:如后述那样因激光的照射而使粉末材料P熔融的熔融部;尚未熔融的未熔融的粉末材料P(材料层);熔融后凝固的区域;产生了飞溅物的区域;产生了烟尘的区域。在以后的说明中,将该规定区域称为检测对象区域。

[0115] 输出部55为了设定造型装置1的造型条件,将基于利用检测部54求出的检测对象区域的至少一部分的状态的状态信息输出至上述设定部59(即,材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53的至少一个)。所求出的检测对象区域的至少一部分的状态的状态信息包括用于改变用于对通过后述的运算部56生成的三维造型物进行造型的造型条件的变更信息、和通过检测部54检测到的检测对象区域的至少一部分的状态自身的信息。以下,为了便于说明,将检测对象区域的至少一部分这种表达仅记载为检测对象区域。

[0116] 运算部56基于由检测部54求出的检测对象区域的状态,生成用于改变造型条件的变更信息。另外,运算部56当利用后述的判断部57判断为需要对所造型的固化层进行修复时,生成用于相对于固化层进行修复的修复信息。

[0117] 判断部57基于由检测部54求出的检测对象区域的状态,判断是否需要造型条件的变更。另外,判断部57基于由检测部54求出的检测对象区域的状态,判断是否需要相对于所造型的固化层进行修复。

[0118] 此外,在后面对检测部54、运算部56以及判断部57所进行的处理的详细内容进行说明。

[0119] 接着,对具有上述构成的造型装置1的动作进行说明。

[0120] 首先,框体控制部53以使框体10的内部成为所设定的环境气体的方式控制吸气装置131、排气装置14、加热器15。

[0121] 框体控制部53以得到所设定的框体10内的压力的方式控制吸气装置131的阀开度以及排气装置14的排气量。另外,框体控制部53通过对吸气装置131的阀开度进行控制,来向框体10的内部导入非活性气体,降低框体10的氧浓度。通过使氧浓度下降,在粉末材料P被照射激光而熔融时,抑制粉末材料P被氧化而在粉末材料P的粒子表面形成氧化膜。当在粉末材料P的粒子表面形成氧化膜时,比热根据氧化膜的厚度而变化,因此,在以后述的方式照射了激光的情况下,可能会对因激光的照射而产生的粉末材料P的热量的吸收、或对热量的传递造成影响。在该情况下,成为粉末材料P成为未熔融,或者在所造型的固化层产生形状不良、强度不足,或者没有得到具有期望的金属组织的固化层等熔融不良等的原因。通过使框体10的氧浓度降低,抑制成为上述这种熔融不良等原因的粉末材料P的氧化。

[0122] 框体控制部53以成为作为造型条件而设定的框体10的内部的温度的方式,控制加热器15的加热输出,使框体10的内部加热。

[0123] 向框体10的内部导入非活性气体,变得比事先决定的氧浓度的浓度低,另外,当框体10的内部通过加热器15被加热至所设定的温度时,材料控制部51控制驱动机构212,使材料供给槽21的底面211向Z方向+侧移动(上升)。造型控制部52控制驱动机构312,使造型槽31的底板311仅向Z方向-侧移动(下降)接下来要形成的材料层的厚度Δd的量。材料控制部51控制刮涂机22的驱动机构,使叶片221沿X方向从位置A朝向位置B移动。从位置A开始移动的叶片221因底面211的上升而从材料供给槽21将压出的粉末材料P移送至X方向+侧的造型槽31的底板311上。移送至底板311上的粉末材料P通过从向X方向+侧移动的叶片221的下端(Z方向-侧)而被向下方(Z方向-侧)施加压力,由此,以成为与底板311的表面相距的高度(Z方向上的厚度)一致的状态铺满在底板311上。由此,形成有与底板311的表面相距的厚度(层叠厚度)成为一定的材料层。此时,叶片221的移动速度、叶片221对粉末材料P施加的压力通过材料控制部51进行控制,由此,得到用户所期望的材料层的层叠厚度、材料层表面的

平面度、密度等。此外,密度为材料层相对于所形成的材料层中的粉末材料P的量的的厚度,密度越低,表示在材料层内存在间隙的比例越大。

[0124] 照射部32对所形成的材料层照射激光。扫描部33在材料层的表面上扫描来自照射部32的激光。扫描激光的路径(扫描路径)基于沿Z方向以规定的间隔(例如,材料层的层叠厚度的间隔)进行切片的形状数据的集合即切片模型数据,设定利用造型装置1造型的三维造型物的设计数据、例如CAD数据或根据CAD数据转换的STL数据等的与三维造型物的三维形状相关联的形状数据。该切片模型数据为决定各层中的固化层的形状的固化层的形状数据。

[0125] 运算装置50的造型控制部52根据由与底板311在Z方向上的位置对应的三维造型物的切片模型数据决定的形状,决定以照射材料层的表面的粉末材料P的方式利用扫描部33扫描激光的扫描路径。

[0126] 此外,为了防止造型过程中的三维造型物、固化层的变形、破损等,一边形成支承造型中的固化层、三维造型物的支承部一边进行造型。表示支承部的形状、厚度等信息的支承部的形状数据为基于三维造型物的形状数据(即,CAD数据、STL数据中的支承部的形状的数据)、或三维造型物的形状数据创建的切片模型数据。

[0127] 另外,三维造型物的造型姿势数据为表示用于设定切片模型数据的三维造型物(三维造型物的形状数据)的造型姿势的数据。造型姿势是指,在对例如棱柱状的三维造型物进行造型时,以沿棱柱的轴向层叠固化层、或者沿与棱柱的轴向相交的方向从棱柱的侧面开始固化层的造型并层叠固化层等的方式对三维造型物进行造型的姿势。

[0128] 另外,在生成切片模型数据时,并非直接使用设计数据,优选还考虑因热膨胀引起的形状变化地来生成切片模型数据。特别是,在生成固化层的时间点,通过激光的照射,与常温时相比,具有固化层高的温度。然而,在使用三维造型物的环境下的温度和在形成有固化层时的温度存在很大差异的情况下,考虑基于该温度差的线膨胀系数,优选根据对设计数据施加上述变更的数据(三维造型物的形状数据)来生成切片模型数据。

[0129] 而且,优选还相对于各个切片模型数据,设定以CAD数据为基础算出的容许公差信息。该容许公差信息能够根据例如记载于日本特开2006-59014号公报的要领,对各切对片模型数据设定容许公差信息。

[0130] 与三维造型物的形状有关的设计数据包括固化层的形状数据、造型姿势数据、支承固化层或者三维造型物的支承部的形状数据、或者三维造型物的形状数据。造型控制部52按照该设计数据,使来自照射部32的激光在材料层的表面上进行扫描。若造型控制部52改变三维造型物的设计数据,改变基于设计数据的切片模型数据,则根据该变更后的切片模型数据,造型控制部52使来自照射部32的激光在材料层的表面上扫描。

[0131] 照射至粉末材料P的激光根据通过射出的激光的输出或波长等条件、粉末材料P的种类、粉末材料P的粒子的形状、材料层的表面形状等决定的吸收率而被粉末材料P吸收。通过吸收激光,被激光照射的粉末材料P被急速加热,温度上升,并向周围的粉末材料P传递热量。当因加热而上升的温度到达粉末材料P的熔点时,材料层的表面的粉末材料P熔融、汽化,并且通过蒸汽压的上升而喷出蒸发物,在材料层的表面形成熔融状态的凹部。对该凹部照射的激光还被熔融部吸收,反复喷出熔融、汽化、蒸发物。由此,凹部成为向材料层的下方(Z方向-侧)增加深度的孔,在孔的壁面激光发生多重反射,由此,使激光的吸收率大幅增

加。由此,形成进一步增加向下方的深度的深孔(锁孔)。如上所述,激光在孔的壁面发生多重反射,由此,锁孔在XY平面上的剖面形状接近圆形。通过在照射有激光的位置形成有锁孔,材料层的内部被直接加热。已知通过激光的照射而传递给粉末材料P的能量越大,则锁孔的形状越深,粉末材料P的温度变得越高则开口越大。在锁孔,如上所述在壁面发生了多重反射的激光的吸收率增加,由此产生蒸发物,作为烟尘而从锁孔开口(上表面开口)喷出。伴随烟尘的喷出,锁孔的周边的熔融部的一部分(熔融的粉末材料P的一部分)作为粒子状的飞溅物而飞散。

[0132] 当在形成有锁孔的状态下由扫描部33扫描激光时,在通过锁孔的内部的蒸汽压、熔融部的表面张力、熔融部的重力等力的平衡维持了锁孔的状态下,位于通过扫描使激光行进的方向(在朝向X方向+侧进行扫描的情况下为X方向+侧)的粉末材料P熔融。通过粉末材料P熔融而生成的溶液与利用锁孔周围的粉末材料P生成的溶液混合,在锁孔周边形成作为液相的熔池(熔化池)。

[0133] 图4是示意性示出通过对材料层照射激光而产生的熔池和其附近的状态的图,图4的(a)是示意性示出XY平面上的材料层上的熔池和其附近的状态的平面图,图4的(b)是该ZX平面上的剖面图。在图4中,示出如上所述地形成的锁孔KH、熔池MP、尚未开始熔融的粉末材料P、烟尘FU、飞溅物SP、如后述那样使熔池MP凝固而形成的凝固区域BE。此外,在图4中,示出从X方向+侧朝向-侧进行了激光的扫描的情况。另外,在图4的(a)中,用虚线示出熔池MP中的等温线。在熔池MP的内部,因由熔池MP的表面与内部的温度差而引起的表面张力的差,作为一例,产生图4的(b)的箭头C示出的这种对流。若因通过激光的照射而产生的热量而使对流C变大,则烟尘FU的产生量增加,从熔池MP吹出锁孔KH周边的熔融的粉末材料P的一部分,作为飞溅物SP,向锁孔KH和熔池MP的周围飞散。

[0134] 在基于激光的照射的热量过大的情况下,熔池MP内的对流C变大,或者对流C紊乱。当对流C变大时,进一步搅拌熔池MP,因此,飞溅物SP的飞散量增加,或者飞溅物SP的飞散速度增加。另外,当对流C紊乱,在熔池MP内变得不规则时,从锁孔KH来看,飞溅物SP的飞散方向并非固定为一定的方向(例如相对于激光的扫描方向为后方等),还向激光的扫描方向上的前方、侧方飞散。另外,基于激光的照射的热量越变得过大,烟尘FU的产生量越增加,因此,烟尘FU的浓度变浓,或者烟尘FU从锁孔KH产生而扩散的范围变宽。

[0135] 当伴随激光的扫描而使锁孔KH移动时,在锁孔KH的行进方向侧(图4的X方向-侧)的周围形成新的熔池MP,并且已经形成的(尚未凝固的)熔池MP相对位于锁孔KH的后方(图4的X方向+侧),因此,如图4的(a)所示,熔池MP整体的形状在XY平面上成为椭圆状。通过扫描激光而从照射位置离开,使激光的能量的吸收变弱,因框体10内的非活性气体的流量、流速等影响被冷却之处凝固并形成凝固区域BE。伴随激光的扫描而使锁孔KH继续移动,由此,在接受激光照射的材料层的区域形成有粉末材料P凝固、固化而连续的凝固区域BE。以在接下来要形成的凝固区域BE与已经形成的凝固区域BE(在图4的(a)中沿X方向延伸的两个凝固区域BE)之间的间隔相接的方式进行激光的照射,由此,所形成的凝固区域BE彼此熔敷。此外,上述沿同一方向延伸的不同的两个凝固区域BE之间的间隔根据在扫描激光时的扫描间隔(扫描间距)来决定。扫描间隔(扫描间距)是指,在与激光的扫描方向(图4的(a)中的X方向)交叉的方向(图4的(a)中的Y方向)相邻的两个激光的照射位置的间隔。若所形成的多个凝固区域BE彼此熔敷,则造型沿Z方向具有规定的厚度的层状的固化层。

[0136] 在固化层的造型中,摄像装置41拍摄材料层的表面,生成图像数据。如图2所示,入射至摄像装置41的热辐射光在与从照射部32射出的激光同轴上向相反方向进行,因此,摄像装置41的摄像视野的中心(即,利用摄像装置41进行拍摄的图像的中心)与材料层上中的激光的照射位置几乎一致。在相对于材料层利用照射部32照射激光时,摄像装置41以材料层的表面的激光的照射位置(在产生了锁孔KH的情况下锁孔KH的位置)为中心,对在XY平面中包括熔池MP在内的检测对象区域进行拍摄而生成图像数据。即,检测对象区域包括即将熔融开始之前的材料层的粉末材料P(未熔融的粉末材料P)、熔池MP、凝固区域BE(换言之,为固化层的一部分)。另外,在从锁孔KH产生了飞溅物SP、烟尘FU的情况下,飞溅物SP、烟尘FU也包含在检测对象区域内。伴随扫描部33的激光的扫描,利用摄像装置41拍摄的检测对象区域在材料层的表面上移动。

[0137] 基于摄像装置41的拍摄例如按照规定的时间间隔进行,或者每当激光通过扫描部33而在XY平面上以规定的距离进行扫描时进行。

[0138] 当固化层被造型时,造型控制部52控制驱动机构312,使造型槽31的底板311朝向Z方向-侧仅移动(下降)接下来要形成的材料层的层叠厚度Δd的量。材料控制部51控制驱动机构212,使材料供给槽21的底面211向Z方向+侧移动,控制刮涂机22的驱动机构,使叶片221沿X方向从位置A朝向位置B移动。由此,在固化层的上部(Z方向+侧)以使粉末材料P的高度(与固化层上部相距的Z方向上的厚度)一致的状态铺满粉末材料P。由此,在固化层的上部形成有与固化层的上部相距的厚度成为一定的层叠厚度Δd的新的材料层。

[0139] 将来自照射部32的激光通过扫描部33在XY平面上相对于新的材料层进行扫描。通过激光的照射而形成粉末材料P熔融的熔池MP,如上所述,熔敷为与X方向、Y方向相邻的凝固区域BE,并且熔池MP向下层(Z方向-侧)流动,熔敷为已经形成的下部(Z方向-侧)的固化层。其结果为,在已经造型的固化层的上部造型新的固化层。

[0140] 造型装置1反复进行材料层的形成和固化层的造型,对多个固化层沿Z方向层叠的三维造型物进行造型。

[0141] 在如上述那样对三维造型物进行造型时,在固化层产生了缺陷、形状异常、表面粗糙、金属组织的异常等造型不良的情况下,在造型了三维造型物之后,难以修复三维造型物的造型不良,特别是,难以修复三维造型物的内部的造型不良。另外,设定用于对三维造型物进行造型的条件的参数很多,因此,难以以不产生造型不良的方式在造型之前设定用于对三维造型物进行造型的条件,需要很多时间。

[0142] 在本实施方式的造型装置1中,运算装置50的检测部54、运算部56以及判断部57基于在三维造型物的造型开始时或者造型过程中求出的检测对象区域的状态,变更用于对三维造型物进行造型的各种条件(以下、造型条件),或者生成用于对固化层进行修复的信息。材料控制部51、造型控制部52、框体控制部53基于该信息控制造型装置1的各构成的动作,预防在造型过程中的固化层产生造型不良,或者即使在产生了造型不良的情况下在可修复的定时修复造型不良。

[0143] 以下,对检测部54、运算部56以及判断部57所进行的处理进行说明。

[0144] 首先,对检测部54、运算部56以及判断部57为了进行后述的处理的考虑方式进行说明。

[0145] 在本实施方式中,抑制在从照射部32对材料层的粉末材料P照射激光而造型的固

化层产生造型不良,对抑制了造型不良的产生的三维造型物进行造型,因此,以将以下的基本条件保持为一定的范围的方式进行控制。作为基本条件,举出由通过激光的照射流入材料层的每单位面积的粉末材料P的热量即功率密度PD[J/mm^2]、通过激光的照射流入材料层的每单位体积的粉末材料P的热量即能量密度ED[J/mm^2]、和通过激光的照射而熔融的熔池MP和其附近的区域的粉末材料P的温度分布T(r)[℃]。功率密度PD、能量密度ED以及温度分布T(r)分别利用以下的(1)式~(3)式来表示。

[0146] $PD=\{\eta\times(P_L+P_0)\}/(d\times v)$ ・・・(1)

[0147] $ED=\rho\times\{\eta\times(P_L+P_0)\}/(v\times\Delta y\times\Delta z)$ ・・・(2)

[0148] $T(r)=\{\eta\times P_L/(2\pi\times k\times r)\}\times\exp\{(-v)\times(x+r)/2\alpha\}+T_0$…(3)

[0149] 此外,在(1)式~(3)式中,各参数如下。P_L为激光的输出(以下称为激光输出)[W]。P_0为外部热源、即表示由底板311等对粉末材料P施加或者由造型装置1的外部的加热器等对粉末材料P施加的能量[W]。η为粉末材料P的能量的吸收率,例如根据粉末材料P的种类而具有不同的值。V为激光的扫描速度[mm/s]。d为材料层的表面上的激光的光束尺寸(光斑尺寸)[mm]。Δy为扫描路径的间隔(扫描间距)[mm],即,与扫描激光的方向交叉的方向上的激光的照射位置的间隔。Δz为层叠厚度,即,所形成的材料层的Z方向上的厚度[mm]。ρ为材料层的密度。k为粉末材料P的热传递率[W/mm/K]、r为以激光的照射位置为中心定义的与球的中心相距的距离[mm],x为与激光照射位置相距的沿扫描方向的XY平面上的距离[mm],α为粉末材料P的热扩散率[mm^2/s],T_0为粉末材料P的初始温度[℃]。

[0150] 以上述(1)式示出的功率密度PD的值越大,即,流入粉末材料P的热量越大,粉末材料P越易于熔融。(1)式示出了为了使功率密度PD增加,易于熔融粉末材料P,只要参数的至少一个基于以下的仿真进行控制即可。就参数η而言,例如,使用激光的吸收率高的粉末材料P即可。就参数PL和P0而言,例如,只要提高激光输出,或者增加从外部对粉末材料P施加的热量即可。就参数d而言,例如,通过减小激光的光斑尺寸,增加基于激光的照射的材料层上的单位面积的热量,使流入粉末材料P的热量的热输入效率增加即可。就参数v而言,例如,降低扫描速度,增加材料层的每单位面积所包含的粉末材料P被照射激光的时间,由此,使流入粉末材料P的热量增加即可。

[0151] 另外,(1)式示出的功率密度PD的值越小,粉末材料P越难以熔融。在粉末材料P过渡熔融的情况下,只要以使(1)式的功率密度PD的值减少的方式,利用与上述的仿真相反的方针对上述各参数的至少一个进行控制即可。相反的方针是指,进行以下例示的方针中的至少一个。就参数η而言,例如,使用吸收率低的粉末材料P。就参数P_L和P_0而言,例如,降低激光输出、或者使从外部对粉末材料P施加的热量减少。就参数d而言,例如,增大光斑尺寸。就参数v而言,例如提升扫描速度。

[0152] (2)式示出的能量密度ED的值越大则粉末材料P越易于熔融。(2)式示出了为了使能量密度ED的值增加,易于熔融粉末材料P,只要基于以下的方针对参数的至少一个进行控制即可。就参数η而沿,与上述(1)式的情况同样地,例如,使用激光的吸收率高的粉末材料P。就参数P_L和P_0而言,例如,使激光输出增加、或者使从外部的加热装置对粉末材料P施加的热量增加。就参数ρ而言,例如,使材料层的密度增加,减小材料层中的间隙。由此,通过激光的照射而产生的热量易于传递给粉末材料P。就参数v而言,例如,降低扫描速度,使对材料层的每单位面积所包含的粉末材料P照射激光的时间增加。由此,增加流入粉末材料P的热

量。就参数Δy而言,例如,缩窄扫描间距。由此,来自相邻的凝固区域BE的热量的影响变大。就参数Δz而言,例如,减薄层叠厚度。由此,在下层(Z方向-侧)已经被造型的固化层的热量的影响变大,因此,粉末材料P的初始温度变高。因此,被激光照射的粉末材料P上升至期望的温度(例如熔点)为止所需的热量变少。

[0153] 另外,(2)式示出的能量密度ED的值越小,粉末材料P越难以熔融。在粉末材料P过渡熔融的情况下,只要以使(2)式的能量密度ED的值减少的方式,利用与上述的方针相反的方针对上述各参数的至少一个进行控制即可。相反的方针为进行以下例示的方针中的至少一个。就参数η而言,例如,使用吸收率低的粉末材料P。就参数P_L和P_0而言,例如,降低激光输出、或者使从外部对粉末材料P施加的热量减少。就参数ρ而言,例如,使密度减少。就参数v而言,例如,降低扫描速度。就参数Δy而言,例如,增宽扫描间距。就参数Δz而言,例如,增厚层叠厚度。

[0154] 若功率密度PD、能量密度ED增加,则粉末材料P易于熔融,但若使功率密度PD、能量密度ED过度增加,则上述熔融域MP内的对流C受影响,使飞溅物SP、烟尘FU的产生增加。若因激光的照射而从熔池MP飞散的飞溅物SP落在尚未照射激光的材料层上、或已经造型的凝固区域BE上并凝固,则会作为颗粒状的附着物而固化并残留在材料层表面或固化层的上表面。由于飞溅物SP为球状,所以在固化层上形成有新的材料层时,粉末材料P不易进入在凝固区域BE上凝固的飞溅物SP的下方与固化层的表面之间,有产生空隙的可能性。因粉末材料P没有进入而产生的空隙有可能成为在对下一层的固化层造型时在固化层内部产生的空洞等熔融不良等的原因。另外,在形成其他凝固区域BE时再次熔融飞溅物SP的情况下,在飞溅物SP再次熔融的部位不会得到期望的金属组织(结晶构造),而有可能成为造型不良。

[0155] 另外,若因激光的照射而产生的烟尘FU滞留在材料层上的激光的照射位置附近,则朝向材料层的激光的能量因烟尘FU而衰减,因此,降低通过激光的照射对粉末材料P加热的效果,有可能得不到设想的熔融状态。像这样,伴随由于因飞溅物SP的附着、烟尘FU的产生引起的熔融不良而在三维造型物产生的缺陷、形状不良、熔融不良,有产生因得不到期望的金属组织(结晶构造)而引起强度不足等造型不良的担忧。飞溅物SP、烟尘FU如上述那样成为招致三维造型物的造型不良的原因,因此,为了抑制飞溅物SP、烟尘FU的产生,需要以不过度增加密度PD、能量密度ED的方式进行控制。

[0156] 另外,若功率密度PD、能量密度ED过度降低,则粉末材料P无法充分接受所照射的激光的能量,产生粉末材料P没有熔融(未熔融)、或者得不到期望的广阔的熔池MP等熔融不良等,而成为招致三维造型物的造型不良的原因。因此,需要以功率密度PD、能量密度ED不过度降低的方式进行控制。

[0157] 像这样,需要不使功率密度PD、能量密度ED过度变大、或者过度变小,而保持为一定的范围。该一定的范围以使三维造型物成为合格品的方式,根据用户的各种试验、仿真的结果来算出。此外,将三维造型物成为合格品的功率密度PD、能量密度ED的一定的范围称为期望的范围。

[0158] (3)式示出的温度分布T(r)表示在利用当前设定的造型条件而照射在照射了激光的材料层上的情况下,被设想为以材料层上的激光的照射位置为中心,在从中心到材料层上或者材料层中的任意的距离r为止的位置(x、y、z)所得到的温度。即,(3)式是在利用当前设定的造型条件照射了激光的情况下推定了材料层中的由激光的照射而传递热量的状态

的式子。因此,根据(3)式,推定材料层的表面(X方向和Y方向)以及深度方向(Z方向)上的粉末材料P的熔融的进行状态或者熔融后的凝固的进行状态。根据(3)式,能够根据与照射有激光的位置为中心的距离,推定粉末材料P的温度变化的状态。因此,能够掌握被推定为比规定温度高温的区域的熔池MP的范围(例如XY平面上的椭圆状的范围)。根据与激光的照射位置相距的距离,能够三维地掌握被推定为熔池MP的范围的温度分布。因此,以使温度分布T(r)被保持为一定的范围的方式设定造型条件,由此,控制在熔池MP内温度变化的状态。由此,能够将凝固后的固化层内的结晶构造保持为期望的构造,或者控制熔池MP的对流C。

[0159] 另外,基于激光的照射的熔池MP的对流C对熔池MP的形状(即,凝固后的凝固区域BE的形状、向Z方向-侧熔融时的熔化深度)造成影响。因此,温度分布T(r)被保持在一定的范围,由此,控制在熔池MP内的基于激光的照射的热行为即熔池MP的对流C的状态。由此,抑制熔化不良的产生,抑制固化层的强度不足、耐久性的下降等造型不良的产生。另外,如上所述,对流C对飞溅物SP、烟尘FU的产生造成影响,因此,通过将温度分布T(r)保持为一定的范围,来抑制飞溅物SP、烟尘FU的产生,抑制因飞溅物SP、烟尘FU产生的造型不良。该一定的范围以三维造型物成为合格品的方式,根据用户的各种试验、仿真的结果来算出。此外,将三维造型物成为合格品的温度分布T(r)的一定的范围称为期望的范围。

[0160] 此外,作为基本条件的(1)~(3)式中的至少一个只要满足期望的范围即可。

[0161] 接着,为了基于上述的(1)式~(3)式进行造型条件的变更,对检测部54、运算部56以及判断部57所进行的处理进行说明。

[0162] 检测部54基于来自摄像装置41的图像数据,求出上述检测对象区域的状态。作为检测对象区域的状态,包括通过激光的照射加热之前的粉末材料P的状态、检测对象区域中的熔融的状态、飞溅物SP的状态、通过被照射激光进行加热而产生的烟尘FU的状态的至少一个状态。作为检测对象区域中的熔融的状态的一例,检测部54例如求出与熔池MP和其附近(在熔融后,溶液即将成为固相的半凝固的区域、凝固区域BE)的至少一部分的温度有关的信息。作为飞溅物SP的状态,检测部54例如求出飞溅物SP的飞散方向、飞散量、飞散速度的至少一个。作为烟尘FU的状态,检测部54例如求出烟尘FU的浓度和范围的至少一个。此外,求出检测对象区域的状态还能够说成在成为求出的对象的检测对象区域的状态(具体来说,上述的粉末材料P的状态、熔融的状态、飞溅物SP的状态、烟尘FU的状态等)的基础上,测定检测对象区域的状态、算出检测对象区域的状态、评价检测对象区域的状态、检测或者检测对象区域的状态。

[0163] 在本实施方式中,作为基于通过检测部54求出的检测对象区域的状态的造型条件的变更,有实时变更、下一层造型时变更、和下一造型物造型时变更。实时变更是指,相对于为了求出检测对象区域的状态所使用的材料层在通过激光的照射对固化层进行造型时或者正在进行造型时改变造型条件。因此,利用实时变更在固化层的造型过程中相对于材料层的未熔融的粉末材料P改变造型条件。下一层造型时变更是指,在固化层造型后,在从下一层的材料层的形成或者下一层的材料层开始进行固化层的造型时进行造型条件的变更。因此,利用下一层造型时变更相对供给至所造型的固化层上的新的粉末材料P或者被供给至固化层上的新的粉末材料P变更造型条件。下一造型物造型时变更是指,在将固化层层叠且三维造型物的造型结束、且在开始下一个三维造型物的造型时,进行造型条件的变更。

[0164] 以下,分成求出基于检测部54的检测对象区域的状态的处理、生成用于基于改变

运算部56的造型条件的变更信息的处理来进行说明。

[0165] (1)求出检测对象区域的状态的处理

[0166] 检测部54使用利用摄像装置41生成的图像数据,求出材料层上的检测对象区域的状态。如上所述,从摄像装置41输出的图像数据包括来自检测对象区域的热辐射光中的不同波长λ1、λ2的光的信息。检测部54基于拍摄该检测对象区域的图像数据所包含的波长为λ1的亮度信息与图像数据所包含的波长为λ2的亮度信息之比,求出与熔池MP和其附近的至少一部分的温度有关的信息。在该情况下,检测部54例如使用公知的双色法,生成图像数据的波长为λ1和波长为λ2的亮度信息被转换为温度的图像数据(以下,称为温度图像数据)。温度图像数据是指,与温度对应的各像素的信号强度。检测部54算出图像数据所包含的波长为λ1的光的亮度信息与波长为λ2的光的亮度信息之比(例如,亮度值之比),对成为基于灰色体、黑色体等得到的基准的亮度值之比和温度的关系数据进行比较,将图像数据上的任意的位置的波长为λ1与波长为λ2的亮度值之比换算成温度。由此,生成表示在图像数据上的检测对象区域的任意位置的温度的温度图像数据。检测部54能够根据该温度图像数据,求出检测对象区域的温度分布、最高温度、最低温度、平均温度等。检测部54针对利用摄像装置41生成的每个图像数据生成温度图像数据。检测部54每当生成温度图像数据时,将其存储并保存至存储部58。

[0167] 图5是示意性示出与基于对图4的(a)示出的对检测对象区域进行拍摄而得到的图像数据通过检测部54所生成的温度图像数据对应的温度图像的一例的图,示出在材料层上从X方向+侧朝向-侧扫描激光的情况。此外,在图5中,为了便于图示,利用用虚线表示的等温线表示温度图像的熔池MP中的温度的不同,在受到烟尘FU的影响的范围标注斜线来表示。

[0168] 如上所述,在相对材料层进行激光的照射时,通过摄像装置41来拍摄材料层中的包括熔池MP在内的检测对象区域。因此,在所生成的温度图像数据(温度图像)中,以锁孔KH为图像的中心,包括熔池MP、凝固结束的凝固区域BE、粉末材料P。由于朝向X方向-侧扫描激光,因此,在温度图像中,熔池MP相对于锁孔KH来说,与X方向-侧相比在X方向+侧具有大的椭圆形状的区域。另外,在通过激光的照射而使颗粒状的飞溅物SP飞散的情况下,飞溅物SP也具有热量,因此,包含在温度图像数据(温度图像)内。另外,在通过激光的照射产生了作为蒸发物的烟尘FU的情况下,烟尘FU也具有热量,因此,包含在温度图像数据(温度图像)内。

[0169] 检测部54根据图5例示的温度图像,作为检测对象区域的状态,求出基于激光的照射的加热前的粉末材料P的状态、检测对象区域中的熔融的状态、飞溅物SP的状态、烟尘FU的状态。以下,作为检测对象区域的状态,分成基于激光的照射的加热前的粉末材料P的状态的检测、检测对象区域中的熔融的状态的检测、飞溅物SP的状态的检测、烟尘FU的状态的检测来进行说明。

[0170] <在由激光的照射进行加热前的粉末材料P的状态的检测>

[0171] 检测部54求出与例如熔池MP和凝固区域BE以外的区域的温度有关的信息,来作为温度图像数据中的、由激光的照射进行加热前的粉末材料P的状态。在该情况下,检测部54求出比第1规定温度低温的区域。第1规定温度例如以粉末材料P的熔点为基准来设定。此外,第1规定温度不限于熔点,可以为固相线温度或者液相线温度,也可以为温度~液相线

温度的范围的某一个温度。

[0172] 在此,在检测部54求出由激光的照射进行加热前的材料层的粉末材料P的温度的情况下,能够将相对于激光的照射位置在扫描方向上的区域推定为应求出粉末材料P的温度的材料层上的区域。检测部54求出该推定的区域中比第1规定温度低的区域,来作为由激光的照射进行加热前的粉末材料P的温度。

[0173] 此外,检测部54可以根据利用与摄像装置41不同的摄像装置拍摄到的检测对象区域的图像数据求出熔池MP和凝固区域BE,基于利用图像数据求出的熔池MP和凝固区域BE,除去温度图像数据中的熔池MP和凝固区域BE,求出温度图像数据上的由激光的照射进行加热前的粉末材料P。在该情况下,需要以使摄像装置41、和与摄像装置41不同的摄像装置拍摄检测对象区域的定时一致的方式进行控制。

[0174] 检测部54使用温度图像数据,求出加热前的粉末材料P的温度分布、最高温度、最低温度、平均温度等,来作为与由激光的照射进行加热前的粉末材料P的温度有关的信息。由此,检测部54能够求出作为上述(3)式的参数的初始温度T_0。

[0175] 另外,检测部54也可以根据摄像装置41拍摄到的图像数据,利用公知的图像处理方法,求出粉末材料P所包含的异物、飞溅物SP,来作为加热前的粉末材料P的状态。

[0176] 此外,检测部54也可以不根据基于双色法的温度图像数据,求出由激光的照射进行加热前的粉末材料P的状态。例如,就获取部310而言,可以取代摄像装置41、双分支光学系统42、色差修正光学系统43和视场光圈302,使用现有的辐射温度计,获取基于来自由激光的照射进行加热前的粉末材料P的红外线的温度数据。在该情况下,检测部54也可以基于由获取部310(未图示的辐射温度计)获取的温度数据,求出由激光的照射进行加热前的粉末材料P的状态。

[0177] 另外,作为获取部310,也可以不为辐射温度计,而可以使用热电偶等现有的接触式温度计。在该情况下,作为获取部310,在造型部30的造型槽31、材料层形成部20中的任意位置设置有多个热电偶,利用该多个热电偶获取各位置的温度数据。然后,检测部54可以利用与利用热电偶获取的温度数据和由激光的照射进行加热前的粉末材料P的温度数据的相关关系有关的数据,求出由激光的照射进行加热前的粉末材料P的状态。此外,与利用热电偶获取的温度数据和由激光的照射进行加热前的粉末材料P的温度数据的相关关系有关的数据事先存储于存储部58。

[0178] <熔融的状态的检测>

[0179] 检测部54根据温度图像数据,求出与熔池MP和其附近(检测对象区域内的凝固区域BE)的温度有关的信息,来作为熔融的状态。在该情况下,检测部54求出温度图像数据中的、第1规定温度以上的高温的区域来作为包括锁孔KH和熔池MP在内的区域。另外,在检测部54求出激光照射后的凝固区域BE的温度的情况下,能够将相对于激光的照射位置在与扫描方向相反方向上的区域推定为应求出凝固区域BE的温度的区域。检测部54求出该推定的区域中、比第1规定温度低的区域来作为由激光的照射进行加热后的凝固区域BE的温度。

[0180] 此外,检测部54也可以与锁孔KH和熔池MP分离地推定温度图像数据的第1规定温度以上的区域中的、液相的熔池MP开始凝固而成为固相的区域(半凝固区域),并求出该区域的温度。

[0181] 作为与检测部54求出的熔池MP和其附近的至少一部分的温度相关联的信息,包括

熔池MP的温度分布、最高温度、最低温度、平均温度、锁孔KH的位置、最上表面(材料层的表面)的锁孔KH的开口径(例如短轴上的长度)、熔池MP的尺寸、热传递率、熔池MP的表面上的温度梯度、表面上的熔池MP的边界部的温度变化的凝固速度、温度历史记录等。此外,同样地,检测部54作为与温度相关联的信息,求出凝固区域BE、半凝固区域的温度分布、最高温度、最低温度、平均温度、尺寸、热传递率、温度梯度、凝固速度、温度历史记录等。

[0182] 检测部54求出例如被推定为作为温度图像数据中的熔池MP的区域的多个位置的温度,设定针对每个规定温度的等温线,由此求出熔池MP的温度分布。检测部54求出被推定为温度图像数据中的熔池MP的区域中的、最高的温度来作为最高温度,求出最低的温度来作为最低温度。检测部54求出被推定为温度图像数据中的熔池MP的区域中的多个位置各处的温度,算出所求出的温度的平均值,由此求出熔池MP的平均温度。检测部54求出温度图像数据的中心来作为锁孔KH的位置。检测部54求出看作与温度图像数据的中心中的温度基于相同的温度的范围,来作为最上表面的锁孔KH的开口。求出所求出的开口的短轴上的长度来作为开口径。

[0183] 检测部54根据温度图像上的第1规定温度以上的区域的面积求出熔池MP的尺寸。检测部54根据该熔池MP的尺寸,求出热传递率。在该情况下,检测部54将从温度图像数据中的锁孔KH到第1规定温度的位置为止的距离换算为材料层上的距离r,向上述的(3)式输入第1规定温度的值、距离r、由当前设定的造型条件决定的各参数的值,针对参数k对(3)式求解,由此,算出热传递率。

[0184] 检测部54基于温度图像(温度图像数据)上中的等温线的疏密的程度,求出熔池MP的表面上的温度梯度、表面上的熔池MP的边界部的温度的变化的凝固速度。

[0185] 检测部54使用通过按照规定的间隔进行摄像所生成的多个温度图像数据,求出熔池MP以及其附近的温度历史记录。温度历史记录为表示材料层的某一处的温度变化的数据。以下说明温度历史记录的检测的一例。

[0186] 如上所述,与利用摄像装置41所生成的图像数据、表示激光的照射位置(即,锁孔KH的位置)的照射位置信息、和时间信息建立关联地存储。检测部54基于与图像数据建立关联的照射位置信息,求出温度历史记录。就基于检测部54的温度历史记录的检测处理而言,在某一温度图像(第1温度图像)中,以求出从锁孔KH(即,图像中心)所处的位置Q2向X方向+侧相距距离m的位置Q1的温度历史记录的情况为例进行说明。检测部54根据第1温度图像数据求出在位置Q1的温度。然后,在规定时间后(激光的照射位置变化了规定距离之后),检测部54求出与第1温度图像不同的第2温度图像上的位置Q1的位置。

[0187] 具体来说,检测部54基于在生成第1图像数据时的激光的照射位置和在生成第2图像数据时的激光的照射位置,求出第1温度图像中的作为中心的锁孔KH1的材料层上的位置、以及第2温度图像中的作为中心的锁孔KH2的材料层上的位置。当激光朝向X方向-侧进行扫描时,仅从第2温度图像的中心向X方向+侧偏移特定距离后的位置,成为第2温度图像上中的位置Q2(第1温度图像中的锁孔KH)的位置,其中,特定距离是指,将在材料层上的锁孔KH1与KH2的位置的差分n换算成温度图像上的距离而得到的值。检测部54求出从第2温度图像上的位置Q2进一步向X方向+侧远离距离m后的位置来作为位置Q1的位置,根据第2温度图像数据求出在该位置的温度。检测部54此后同样地根据多个温度图像数据求出位置Q1中的温度,由此,能够求出在位置Q1的温度历史记录。

[0188] 检测部54根据温度图像数据,求出与凝固区域BE的温度有关的信息,来作为熔池MP附近的状态。在该情况下,检测部54求出凝固区域BE的温度分布、平均温度等。此外,检测部54也可以求出作为加热前的粉末材料P的状态而求出的与粉末材料P的温度有关的信息,来作为熔池MP附近的状态。

[0189] 此外,检测部54也可以不根据基于双色法的温度图像数据,求出与熔池MP、其附近(检测对象区域内的凝固区域BE)的温度有关的信息(也就是说,熔融的状态)。例如,就获取部310而言,可以代替摄像装置41、双分支光学系统42、色差修正光学系统43和视场光圈302,使用现有的辐射温度计,获取基于来自熔池MP和其附近的红外线的温度数据。在该情况下,检测部54也可以基于由获取部310(未图示的辐射温度计)获取的温度数据,来求出熔融的状态。

[0190] 另外,作为获取部310,也可以不使用辐射温度计,而使用热电偶等现有的接触式温度计。在该情况下,作为获取部310,在造型部30的造型槽31、材料层形成部20中的任意位置设置有多个热电偶,利用该多个热电偶获取各位置的温度数据。而且,检测部54也可利用与由热电偶获取的温度数据和熔池MP及其附近(检测对象区域内的凝固区域BE)的温度数据的相关关系有关的数据,求出熔融的状态。此外,与利用热电偶获取的温度数据和熔池MP及其附近(检测对象区域内的凝固区域BE)的温度数据的相关关系有关的数据事先存储于存储部58。

[0191] <飞溅物SP的状态的检测>

[0192] 检测部54求出飞溅物SP的飞散量、飞散方向、飞散速度的至少一个,来作为飞溅物SP的状态。如上所述,飞溅物SP的状态与熔池MP内的对流C有关联,因此,检测部54通过求出飞溅物SP的状态,能够间接地求出熔池MP内部的对流C的状态。

[0193] 为了便于说明,图6示出作为与为了求出飞溅物SP的状态所使用的温度图像数据对应的温度图像而从图5去掉了烟尘FU和凝固区域BE的温度图像。检测部54将为了求出飞溅物SP的状态所使用的关注区域设定在温度图像数据内。

[0194] 在该情况下,检测部54在图6的(a)示出的温度图像中,设定去掉锁孔KH和熔池MP所占据的区域以外的区域来作为关注区域。检测部54能够根据例如表示上述的温度分布T(r)的(3)式,推定包括锁孔KH和熔池MP在内的区域(去掉对象区域)。如上所述,表示温度分布T(r)的(3)式示出与激光的照射位置(即,锁孔KH的位置)相距任意的距离r处的粉末材料P的温度,将用于的激光的输出等的对三维造型物进行造型的造型条件设为参数。

[0195] 检测部54基于表示该温度分布T(r)的(3)式、和所设定的造型条件,求出包括锁孔KH的位置(即,温度图像的中心)在内的第1规定温度以上的高温区域,将所求出的高温区域来作为去掉对象区域。如上所述,熔池MP在XY平面上成为椭圆形状,因此,由锁孔KH和熔池MP构成的区域成为椭圆形状。检测部54通过向(3)式的温度分布T(r)输入第1规定温度的值、和由当前设定的造型条件决定的各参数的值,算出参数r,算出成为第1规定温度以上的高温的椭圆状的区域。检测部54在温度图像数据(温度图像)上,作为高温区域而检测出算出的椭圆状的区域所包含的区域,求出该高温区域来作为去掉对象区域。

[0196] 此外,作为去掉对象区域,不限于检测出包括锁孔KH和熔池MP在内的椭圆形状的区域的情况,可以在上述椭圆形状的高温区域的基础上检测包括凝固区域BE的区域来作为去掉对象区域。

[0197] 图6的(b)是示意性示出检测部54相对于图6的(a)示出的温度图像求出的去掉对象区域R1(图6的(b)中标注斜线来示出)、和基于所求出的去掉对象区域R1而设定的关注区域R2的图。

[0198] 关注区域R2为没有因激光的照射而产生粉末材料P的熔融的区域。因此,检测部54在关注区域R2存在高温区域的情况下,求出该高温区域来作为飞溅物SP。检测部54通过对关注区域R2所包含的高温区域的个数进行计数来求出飞溅物SP的飞散量。

[0199] 检测部54通过求出温度图像的中心、即,从激光的照射位置到关注区域R2所包含的各自的高温区域为止的方位,能够求出飞溅物SP在XY平面上的飞散方向。

[0200] 检测部54使用多个温度图像数据求出飞溅物SP的飞散速度。检测部54与例如求出温度历史记录的情况同样地,根据时间信息不同的两个温度图像数据,提取落在材料层或凝固区域BE上而粘着的飞溅物SP、即,留在材料层后凝固区域BE上的同一处的飞溅物SP,并将其从飞散速度的检测对象去掉。检测部54求出作为检测对象而残留的飞溅物SP(即,伴随时间经过而位移的飞溅物SP)中的、一方的温度图像数据(温度图像)中的大小和温度、以及另一方的温度图像数据(温度图像)中的大小和温度被看作相同的飞溅物SP,来作为飞散中的飞溅物SP(同一的飞溅物)。检测部54相对于作为相同飞溅物而求出的飞溅物SP,根据一方的温度图像数据(温度图像)求出材料层的上部空间内的位置(第1位置),根据另一方的温度图像数据(温度图像)求出材料层的上部空间内的位置(第2位置)。检测部54根据第1位置、第2位置、两个温度图像数据的时间信息的差,算出(检测)飞溅物SP(飞散的同一的飞溅物)的飞散速度。

[0201] 此外,检测部54不用在温度图像数据(温度图像)设定关注区域R2,只要求出飞溅物SP的状态即可。在该情况下,检测部54将根据利用摄像装置41输出的图像数据生成的多个温度图像数据相加并求平均,生成平均温度图像数据。此外,多个温度图像数据也可以为根据与不同的时间信息建立关联的图像数据而生成的温度图像数据。另外,多个温度图像数据也可以为事先生成并存储在存储部58内的、不同时刻或不同位置的温度图像数据。检测部54可以每当生成温度图像数据时生成平均温度图像数据,也可以每当生成规定枚数的温度图像数据时生成平均温度图像数据。飞溅物SP的产生状态(飞溅物SP的温度图像数据上的个数、位置、大小等)根据各温度图像数据而不同。因此,在多个温度图像上的相同位置,即使在某一温度图像中检测到飞溅物SP,在其他多个温度图像中也并不一定检测到飞溅物SP。在基于这些多个温度图像数据所生成的平均温度图像数据(平均温度图像)中,通过将某一温度图像数据(温度图像)中的检测到飞溅物SP的位置加上其他多个温度图像数据(温度图像)中的没有检测到飞溅物SP的位置并求平均,来去掉飞溅物SP。去掉了飞溅物SP之后的平均温度图像数据(平均温度图像)包括锁孔KH以及熔池MP。

[0202] 图6的(c)示意性示出与通过上述处理所生成的平均温度图像数据对应的平均温度图像的一例。如图6的(c)所示,在平均温度图像中,在锁孔KH以及熔池MP以外不存在高温区域。检测部54根据与用于进行图6的(a)示出的飞溅物SP的检测的温度图像对应的温度图像数据(检测对象图像数据),获取和与图6的(c)示出的平均温度图像对应的平均温度图像数据之差。由此,如图6的(d)所示,根据检测对象图像生成去掉了锁孔KH以及熔池MP的图像。由于该图像上的高温区域为飞溅物SP,所以检测部54如上所述基于高温区域,与使用图6的(b)进行了说明的情况同样地,求出飞溅物SP的飞散量、飞散方向、飞散速度的至少一

个。特别是,检测部54还能够求出相对于温度图像的中心向X方向+侧(相对于激光的扫描方向为后方)飞散的飞溅物SP和飞散方向。

[0203] 此外,检测部54也可以不基于双色法的温度图像数据求出飞溅物的状态。例如,就获取部310而言,也可以取代摄像装置41、双分支光学系统42、色差修正光学系统43和视场光圈302,使用未图示的摄像装置,获取检测对象区域的图像数据。另外,未图示的摄像装置也可以为与图1中的摄像装置41相同的构成,也可以为其他现有的构成。在该情况下,检测部54使用由获取部310(未图示的摄像装置)获取的图像数据进行现有的图像处理,从图像中检测规定大小的圆形状的像来作为飞溅物的像。然后,检测部54根据所检测的飞溅物的像的位置的时间变化或个数来求出飞溅物SP的飞散量、飞散方向和飞散速度的至少一个。

[0204] 此外,根据飞溅物SP的状态(飞溅物SP的飞散量、飞散方向、飞散速度)与熔池MP的对流C的相关关系、和熔池MP的对流C与熔池MP的熔融的状态(温度有关的信息)的相关关系,可知飞溅物SP的状态与熔池MP的熔融的状态的相关关系。因此,检测部54也可以基于所求出的飞溅物SP的状态,(间接地)求出熔池MP的熔融的状态。在该情况下,事先将与飞溅物SP的状态和熔池MP的熔融的状态的相关关系有关的数据存储于存储部58。

[0205] <烟尘FU的状态的检测>

[0206] 检测部54根据温度图像数据,作为烟尘FU的状态,求出烟尘FU的浓度和范围的至少一个。如上所述,烟尘FU的状态与熔池MP内的对流C有关联,因此,检测部54通过求出烟尘FU的状态,能够间接地求出熔池MP内部的对流C的状态。

[0207] 图7示出与为了求出烟尘FU的状态而使用的温度图像数据对应的温度图像的一例。此外,在图7中,为了便于图示,省略示出凝固区域BE。如上所述,烟尘FU从照射激光所生成的熔池MP产生,因此,来自材料层的检测对象区域的光受到烟尘FU的影响,其亮度下降。此外,在图7中,标注了斜线的区域表示因烟尘FU的影响使亮度值下降的区域。

[0208] 图7的(a)为与图5示出的温度图像相同的温度图像。图7的(b)示意性示出与该温度图像对应的温度图像数据的原图像数据、即,与通过波长为λ1的光和波长为λ2的光入射至摄像元件411的不同位置所生成的各自的图像数据对应的图像。在图7的(b)的原图像中,纸面左侧示出基于波长为λ1的光的像D1,纸面右侧示出基于波长为λ2的光的像D2。

[0209] 如上所述,来自材料层的检测对象区域的辐射光受到烟尘FU的影响而使亮度值下降,因此,在像D1和像D2中亮度值均下降。假设像D1为比像D2亮的(高亮度)像。然而,因烟尘FU的影响使光散射,因此,无论是亮的像D1和暗的像D2在受到烟尘FU的影响的区域R3以及区域R4中亮度变暗。此时,亮的像D1和暗的像D2各自的亮度的下降率实质相同。检测部54基于在像D1以及像D2间亮度值之比是否变化,进行熔池MP、锁孔KH以及飞溅物SP与烟尘FU的区分。烟尘FU遮挡来自熔池MP的光,波长为λ1的光和波长为λ2的光双方的亮度值下降,但在像D1以及像D2间亮度值之比不变化。与之相对地,就熔池MP、锁孔KH以及飞溅物SP而言,亮度值之比发生变化。像D1和像D2的各像素的亮度信息为已知的,因此,检测部54基于有无亮度值之比的变化,能够区分熔池MP、锁孔KH以及飞溅物SP与烟尘FU。检测部54求出像这样区分的烟尘FU(像D1的区域R3、像D2的区域R4)来作为烟尘FU的范围。

[0210] 检测部54使用像D1或者像D2的某一方,求出亮度值下降的程度,由此求出烟尘FU的浓度。检测部54算出如上述方式求出的烟尘FU的范围(像D1的区域R3、或者像D2的区域R4)的亮度值、与其他区域、即由于没有受到烟尘FU的影响所以亮度值没有下降的区域的亮

度值之间的差,基于该差,算出烟尘FU的浓度。此外,将亮度值的差与烟尘的浓度建立了关联的数据事先存储于存储部58,检测部54参照该数据,根据算出的差来算出烟尘FU的浓度。此外,检测部54也可对在与获取对应于图7的(b)示出的原图像的图像数据时不同时获取的图像数据中的像D1或者像D2的亮度值、与图7的(b)的原图像的图像数据中的像D1或者像D2的亮度值进行比较,来算出差。

[0211] 此外,在像D1和像D2中,均因烟尘FU的影响而使亮度值下降,因此,在基于波长为λ1的光的亮度信息与波长为λ2的光的亮度信息之比而生成的温度图像中,不产生因热辐射光受烟尘FU妨碍而造成的影响。

[0212] 此外,检测部54也可以使用平均温度图像数据求出烟尘FU的状态。平均温度图像数据与在求出飞溅物SP的状态的处理说明的生成方法同样地来生成。烟尘FU的产生状态(烟尘FU的温度图像数据上的浓度、范围)根据各温度图像数据不同。因此,在多个温度图像上的同一位置,即使在某个温度图像检测到烟尘FU,在其他多个温度图像中也不一定检测到烟尘FU。在对这些多个温度图像数据求平均而生成的平均温度图像数据中,将受到在某一温度图像数据的烟尘FU的影响的位置与其他多个温度图像数据的没有受到烟尘FU的影响的位置相加并求平均,由此,去掉烟尘FU的影响。去掉了烟尘FU的平均温度图像数据包括锁孔KH以及熔池MP。在该情况下,检测部54生成对应于与图6的(c)示出的情况同样的平均温度图像的平均温度图像数据。

[0213] 检测部54获取为与用于进行图7的(a)示出的烟尘FU的检测的温度图像对应的温度图像数据(检测对象图像数据)和平均温度图像数据之差。由此,如图7的(c)所示,根据检测对象图像,生成去掉了锁孔KH以及熔池MP之后的图像。该图像(图像数据)上的高温区域为烟尘FU和飞溅物SP。飞溅物SP在图像(图像数据)上显现为很小的颗粒状,因此,检测部54在图像数据上去掉这些颗粒状的高温区域来求出烟尘FU的范围。由此,检测部54求出烟尘FU的扩散状态、即,烟尘FU的范围。由于烟尘FU也具有热量,所以检测部54根据与图7的(c)示出的图像对应的图像数据,求出检测出的烟尘FU的范围的温度。可认为温度越高烟尘FU产生得越多,即烟尘FU的浓度越高。因此,检测部54基于所求出的烟尘FU的范围内的温度,求出烟尘FU的浓度。在该情况下,将烟尘FU的温度和浓度建立了关联的数据事先存储于存储部58,检测部54能够参照该数据,根据从图7的(c)示出的图像求出的温度,来求出烟尘FU的浓度。

[0214] 此外,在求出上述飞溅物SP的状态的处理中,使用省略了烟尘FU的图6进行了说明,但有可能实时产生烟尘FU,在温度图像包含烟尘FU的像。因此,检测部54使用在求出烟尘FU的状态的处理中说明的方法,区分熔池MP、锁孔KH以及飞溅物SP、和烟尘FU,从温度图像数据(温度图像)去掉烟尘FU。检测部54只要根据去掉了烟尘FU之后的温度图像数据(温度图像),使用利用图6进行了说明的方法求出飞溅物SP的状态即可。另外,检测部54也可以根据与基于平均温度图像数据而生成的图7的(c)示出的图像对应的图像数据,基于面积的不同,区分烟尘FU和飞溅物SP,由此求出飞溅物SP的状态。在该情况下,事先将能够被设想为飞溅物SP的大小的面积设定为阈值,检测部54求出比该阈值大的区域来作为烟尘FU,求出比阈值小的区域来作为飞溅物SP。

[0215] 此外,检测部54也可以不根据基于双色法的温度图像数据求出烟尘FU的状态。例如,就获取部310而言,取代摄像装置41、双分支光学系统42、色差修正光学系统43和视场光

圈302,使用未图示的照明装置和摄像装置。在该情况下,作为一例,在底板311与造型光学系统35之间的空间中,相对于图1的底板311的中心在X方向+侧配置照明装置,在X方向-侧配置摄像装置。此外,该照明装置和摄像装置以来自该照明装置的照明光由摄像装置接受的方式相对地配置。作为一例,未图示的照明装置为现有的面发光型的LED,未图示的摄像装置为与图1的摄像装置41相同的构成。

[0216] 在此,当通过激光的照射在底板311与造型光学系统35之间的空间产生烟尘FU时,来自照明装置的照明光因烟尘FU而散射,并利用摄像装置接受。也就是说,与经由不产生烟尘FU的区域接受的光的强度相比,经由产生了烟尘FU的区域接受的光的强度变低。因此,检测部54能够通过对利用摄像装置生成的图像数据中的各像素的信号强度和规定的阈值进行比较来求出产生了烟尘的范围。

[0217] 另外,烟尘FU的浓度变得越高,则因烟尘FU引起的散射的影响越大,来自照明装置的照明光的强度衰减得越大。因此,检测部54能够基于由摄像装置生成的图像数据中的各像素的信号强度求出烟尘FU的浓度(浓度的分布)。

[0218] 此外,作为获取部310,将未图示的照明装置和摄像装置的组配置在不同的方位(作为一例,相对于底板311的中心,在X方向+侧以及Y方向+侧分别配置照明装置,在X方向-侧以及Y方向-侧分别配置摄像装置),检测部54也可以基于由各自的摄像装置生成的图像数据中的各像素的信号强度,求出产生了烟尘FU的空间上的范围与空间上的浓度(浓度的分布)。

[0219] 此外,未图示的照明装置也可以不为面发光型的LED,只要构成为能够使有产生烟尘FU的可能性的空间进行面发光即可,也可以采用其他现有的构成。另外,也可以不进行面发光,而是可以使用现有的点发光型的照明装置。

[0220] 此外,根据烟尘FU的状态(飞溅物SP的范围、浓度)与熔池MP的对流C的相关关系、和熔池MP的对流C与熔池MP的熔融的状态(与温度有关的信息)的相关关系,得知烟尘FU的状态与熔池MP的熔融的状态的相关关系。因此,检测部54也可以基于所求出的烟尘FU的状态,(间接地)求出熔池MP的熔融的状态。在该情况下,将与烟尘FU的状态和熔池MP的熔融的状态的相关关系有关的数据事先存储于存储部58。

[0221] (2)改变造型条件的处理

[0222] 运算部56基于如上所述那样通过检测部54求出的检测对象区域的状态,在需要造型条件的变更的情况下,以将用上述(1)式～(3)式表达的功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值的至少一个被保持为期望的范围的方式,设定各式所包含的上述参数的值。在需要造型条件的变更的情况下,若用当前设定的造型条件进行造型,则存在可能在三维造型物产生熔融不足、形状异常、得不到期望的金属结晶等造型不良的情况。是否需要变更造型条件由判断部57进行判断。判断部57在由检测部54求出的检测对象区域的状态满足后述的基准范围的情况下,判断为需要变更造型条件。

[0223] 运算部56以成为设定的参数的值的方式生成作为用于改变造型条件的信息的变更信息。在本实施方式中,作为变更的造型条件,例示以下的(2-1)～(2-7)。

[0224] (2-1)朝向材料层的粉末材料P射出的激光的条件、即与照射部32相关联的条件

[0225] (2-2)用于利用激光对材料层进行扫描的扫描条件、即与扫描部33相关联的条件

[0226] (2-3)与框体10的内部的环境气体相关联的条件

[0227] (2-4)用于形成材料层的材料层形成条件

[0228] (2-5)与造型槽31的底板311相关联的支承部条件

[0229] (2-6)与固化层或者三维造型物的形状有关的设计信息(设计数据)

[0230] (2-7)与粉末材料P相关联的条件

[0231] 以下示出上述(2-1)～(2-7)的造型条件的具体例。

[0232] 作为一例,图8、图9示出主要造型条件、作为基本条件的功率密度PD、能量密度ED以及温度分布T(r)、由(1)式～(3)式示出的参数的关系。在图8、图9中,用○示出能够根据各造型条件进行控制的基本条件,用空白示出无法控制或者即使控制效果也很小的基本条件。另外,图8、图9示出与各造型条件具有关联的(1)式～(3)式的各参数。作为备注,图8、图9示出各造型条件能够在上述的实时变更、下一层造型时变更以及下一造型物造型时变更的哪个定时变更。

[0233] (2-1)与照射部32相关联的条件

[0234] 作为与从照射部32射出的激光的条件相关联的造型条件的具体例,如图8所示,存在激光的输出[W](激光输出)、激光的波长[nm]、激光的强度分布(属性)、激光的光束的尺寸[mm](光斑尺寸)的至少一个条件。

[0235] 激光输出对通过从激光振荡器321射出的激光照射的粉末材料P施加的热量造成影响,激光输出越高则被粉末材料P吸收的热量越增加。激光输出为与上述的参数P_L相关联地生成变更信息的造型条件。如上所述,若增加激光输出,则功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值上升。用于改变激光输出的变更信息为从照射部32射出的激光的新的输出值、和对当前设定的激光的输出值进行修正的修正值。

[0236] 激光的波长与粉末材料P吸收激光的吸收率具有关联。通常,已知激光的波长越短,则粉末材料P的吸收率越高。即,激光的波长为与参数η相关联地生成变更信息的造型条件,若激光的波长变长则参数η的值减少。因此,激光的波长对功率密度PD、能量密度ED的值造成影响。用于改变激光的波长的变更信息为表示使例如可作为激光射出的波长中的、哪个波长的激光射出的信息。

[0237] 作为激光的强度分布(属性),在本实施方式中,如上所述能够切换高斯分布的激光与平顶分布的激光。高斯分布的激光的强度分布在激光的光束的中心轴附近最强,朝向周边逐渐变弱。平顶分布的激光的强度分布与高斯分布的激光相比,在与激光的光束的中心轴附近远离的周边部也成为均匀。由此,在为平顶分布的激光的情况下,与高斯分布的激光相比,具有粉末材料P的熔融所需的强度的激光被照射至材料层上的很宽的范围。因此,激光的强度分布对在材料层上表面的激光的光斑尺寸造成影响。即,激光的强度分布为与参数d相关联地生成变更信息的造型条件。若将激光的强度分布切换至平顶分布则光斑尺寸变大,通过激光的照射而流入材料层上的每单位面积的粉末材料P的热量减少。因此,若设为平顶分布的强度分布,则参数d的值增加,功率密度PD、能量密度ED的值减少。

[0238] 由于利用高斯分布的激光使在激光的光束的中央轴附近的强度分布变为最强,所以与平顶分布的激光相比,具有粉末材料P的熔融所需的强度的激光被照射至材料层上的很窄的范围。由此,光斑尺寸变小,通过激光的照射而流入材料层上的每单位面积的粉末材料P的热量增加。因此,若设为高斯分布的强度分布,则参数d的值减少,功率密度PD、能量密度ED的值增加。

[0239] 用于改变激光的强度分布的变更信息为例如示出使利用高斯分布和平顶分布的哪种强度分布射出激光的信息。

[0240] 此外,激光的强度分布受到激光品质[M^2]的影响。在M^2为1的情况下,激光的强度分布成为单一模式的高斯分布,若M^2从1起变化(M^2为1以上的值),则激光的强度分布从单一模式的高斯分布变化。因此,参数d的值根据激光品质而变化。

[0241] 激光的光斑尺寸对通过激光照射的材料层的XY平面上的范围造成影响。照射材料层上表面的激光的光斑尺寸越小,则材料层上的每单位面积的热量越增加,通过激光的照射而流入材料层上的每单位面积的粉末材料P的热量越增加。其结果为,促进照射至激光的粉末材料P的熔融,对在熔池MP内的对流C造成影响。因此,激光的光斑尺寸为与参数d相关联地生成变更信息的造型条件。若光斑尺寸越大,则参数d越大,通过激光的照射而流入材料层上的每单位面积的粉末材料P的热量越减少,因此,功率密度PD、能量密度ED的值越减少。光斑尺寸对温度分布T(r)的值带来影响。用于改变激光的光斑尺寸的变更信息例如为从聚焦透镜323的凹透镜323a的X方向上的位置、或者当前的凹透镜323a的位置移动的移动量。

[0242] 激光的波长能够在改变下一造型物造型时变更。其他造型条件在实时变更、下一层造型时变更以及下一造型物造型时变更的任一种情况下均能够变更。

[0243] (2-2)与扫描部33相关联的条件

[0244] 作为与用于通过激光扫描材料层的扫描条件对应的造型条件的具体例,存在激光的扫描速度[mm/s]、在与激光的扫描方向交叉的方向上相邻的两个激光的照射位置的间隔(扫描间距)[mm]、激光的扫描路径的至少一个条件。

[0245] 激光的扫描速度与对材料层的表面的每单位面积照射激光的时间有关联,对通过激光的照射而流入材料层的每单位面积的粉末材料P的热量、伴随照射有激光的位置的移动的熔池MP中的温度变化(温度梯度)有影响。在激光的扫描速度高的情况下,通过激光的照射而流入材料层的表面的每单位面积所包含的粉末材料P的热量变少。在激光的扫描速度低的情况下,通过激光的照射而流入材料层的表面的每单位面积所包含的粉末材料P的热量变多。激光的扫描速度为与上述参数v相关联地生成变更信息的造型条件。若扫描速度上升则参数v也增加,功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值减少。用于改变扫描速度的变更信息例如为电流镜331、332的倾斜角度的的变更速度、当前设定的倾斜角度的变更速度的修正值。

[0246] 在扫描间距小的情况下,来自因激光的照射而已经形成的相邻的凝固区域BE的热量的影响变大。因此,在没有照射激光的粉末材料P的初始温度上升到期望的温度(例如熔点)为止的上升所需的热量变少。即,扫描间距越小,则对粉末材料P的热量的吸收率越大,扫描间距越大,则对粉末材料P的热量的吸收率越小。另外,若扫描间距很小,则在熔池MP中,来自与激光的扫描方向不同的方向的热量对对流C造成影响。

[0247] 在扫描间距很大的情况下,来自因激光的照射而已经形成的相邻的凝固区域BE的热量的影响变小,因此,没有被激光照射的粉末材料P的初始温度上升至期望的温度(例如熔点)为止所必的热量变多。

[0248] 扫描间距为与参数η和Δy相关联地生成变更信息的造型条件。在扫描间距很大的情况下,参数η的值变小,参数Δy的值变大,能量密度ED的值变小。扫描间距对功率密度PD

和温度分布T(r)的值造成影响。用于改变扫描间距的变更信息为例如从电流镜331、332的当前的设定角度起变化的新的设定角度、或者用于从当前的设定角度变化值重新设定角度的修正值。

[0249] 激光的扫描路径为与用于向材料层的表面照射激光的路径的设定方法有关的造型条件。作为扫描路径,例如,有在基于切片模型数据的形状(造型模型)的轮廓照射激光之后对轮廓内部照射激光,在基于切片模型数据的形状(造型模型)的轮廓内部照射激光之后沿基于切片模型数据的形状(造型模型)的轮廓照射激光等。另外,激光的扫描路径基于照射有激光之前的材料层的初始温度T_0,被决定为例如不易在如利用激光造型的固化层产生残留应力的路径。

[0250] 作为激光的扫描路径,例如,如上述例示那样,在沿基于切片模型数据的形状(造型模型)的轮廓照射了激光之后对轮廓内部照射激光的情况下,通过利用已经向基于切片模型数据的形状(造型模型)的轮廓照射的激光的热量的扩散使轮廓内部的粉末材料P的初始温度上升。因此,激光的扫描路径为与通过变更的扫描路径而与参数的P_0相关联地生成变更信息的造型条件,对功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值造成影响。用于变更扫描路径的变更信息为例如设定电流镜331、332的新倾斜角度的值和该倾斜角度的值的定时的信息。

[0251] 上述各造型条件在实时变更、下一层造型时变更以及下一造型物造型时变更时均能够变更。

[0252] (2-3)与框体10的内部的环境气体相关联的条件

[0253] 作为在将框体10的内部的环境气体设为造型条件时的具体例,存在向框体10导入的非活性气体的流量[mm^3/s]、向框体10导入的非活性气体的流速[mm/s]、和框体10内的温度[℃]的至少一个条件。

[0254] 在本实施方式中,非活性气体的流量、流速对照射激光前的材料层的初始温度、通过激光的照射而从粉末材料P产生的烟尘FU造成影响。例如,在非活性气体的流量很多的情况或流速很高的情况下,通过非活性气体冷却材料层的表面,由此,对激光照射的粉末材料P的温度上升至期望的温度(例如熔点)所需的热量变多。因此,非活性气体的流量和流速对粉末材料P接受激光的照射前的初始温度造成影响,因此,为与参数P_0相关联的造型条件。

[0255] 另外,在例如非活性气体的流量很少的情况、流速很低的情况下,通过激光的照射产生的烟尘FU留在激光的照射位置附近,可能会遮挡朝向材料层的激光的光路。因此,通过激光的照射而流入粉末材料P的热量减少,有可能成为与所设想的熔融状态不同的熔融状态。因此,非活性气体的流量和流速对在粉末材料P吸收基于激光的照射的热量时的吸收率造成影响,因此,为与参数η相关联的造型条件。非活性气体的流量和流速为与参数P_0、η相关联地生成变更信息的造型条件,例如,当非活性气体的流量增加且流速上升时,参数P_0的值变小,参数η的值变大,温度分布T(r)的值变小。非活性气体的流量和流速对功率密度PD和能量密度ED的值造成影响。用于改变非活性气体的流量和流速的变更信息例如为作为吸气装置131的阀的新的阀开度、排气装置14的新的排气量、或者当前设定的阀开度、排气量的修正值。

[0256] 框体10内的温度对照射激光之前的材料层的初始温度造成影响,为与参数的P_0相关联地生成变更信息的造型条件。框体10内的温度越高则粉末材料P也被加温而使初始温

度变高,因此通过激光的照射使粉末材料P的温度上升至期望的温度(例如熔点)为止所需的热量变少。因此,框体10内的温度对粉末材料P接受激光的照射之前的初始温度造成影响,因此,为与参数P_0相关联的造型条件,例如,若框体10内的温度上升,则参数P_0的值变大,功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值增加。用于改变框体10内的温度的变更信息例如为加热器15的新的加热输出的值、或当前设定的加热器15的加热输出的修正值。

[0257] 框体10内的温度能够在下一层造型时变更或者下一造型物造型时变更的情况下变更。向框体10导入的非活性气体的流量以及流速在实时变更、下一层造型时变更以及下一造型物造型时变更的情况下均能够变更。

[0258] (2-4)用于形成材料层的材料层形成条件

[0259] 作为用于形成材料层的造型条件的具体例,有叶片221的移动速度[mm/s]、叶片221对粉末材料P施加的压力[Pa]、在固化层造型后开始在固化层上形成新的材料层为止使叶片221待机的时间[s]、叶片221的形状、叶片221的材质、底板311上的材料层的层叠厚度[mm]的至少一个条件。

[0260] 叶片221的移动速度以及叶片221对粉末材料P施加的压力对所形成的材料层的表面的平面度、材料层的层叠厚度、密度造成影响。例如在叶片221的移动速度很慢的情况下,与叶片221的移动速度很慢的情况相比,材料层的表面的平面度下降,层叠厚度增加,密度减小。另外,在叶片221对粉末材料P施加的压力很高的情况下,与压力很低的情况相比,材料层的表面的平面度增加,层叠厚度减少,密度增加。因此,叶片221的移动速度为对参数Δz、ρ、k、α造成影响的造型条件,例如,当改变叶片221的移动速度时,能量密度ED、温度分布T(r)的值受到影响。叶片221对粉末材料P施加的压力为与参数Δz、ρ、k、α相关联地生成变更信息的造型条件。例如,当压力增加时,参数ρ、k、α的值变大,参数Δz的值变小,能量密度ED与温度分布T(r)的值增加。用于改变叶片221的移动速度的变更信息为构成使叶片221移动的驱动机构的马达输出的新的值、或当前设定的马达输出的修正值。用于改变叶片221对粉末材料P施加的压力的变更信息例如也可以为按压机构的新的驱动量的值、当前设定的按压机构的驱动量的修正值。

[0261] 如上所述,叶片221的待机时间为从为了造型固化层而向材料层进行的激光照射结束之后起到叶片221从材料供给槽21开始向造型槽31移送粉末材料P为止的时间。叶片221的待机时间对在固化层上新形成的材料层的初始温度造成影响。即,待机时间越长,通过激光的照射上升的固化层的温度越下降,因此,在该固化层的上部新形成的材料层的初始温度难以上升。在该情况下,被激光照射的粉末材料P的温度上升至期望的温度(例如熔点)为止所需的热量变多。因此,叶片221的待机时间为与参数P_0相关联地生成变更信息的造型条件。例如,若待机时间变长,则参数P_0的值变小,功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值减少。用于改变叶片221的待机时间的变更信息例如为表示构成使叶片221移动的驱动机构的马达的驱动开始的定时的值、当前设定的马达的驱动开始的定时的修正值。

[0262] 在叶片221例如存在缺损的情况下,材料层的厚度根据该缺损的形状而不固定,平面度下降,或者层叠厚度与所期望的厚度不同,或者材料层中的密度变得不统一,或者平面粗度变大。另外,即使在叶片221没有欠缺的情况下,若叶片221的形状变化,则叶片221与粉末材料P的接触面积等发生变化,因此,材料层的密度、平面度、层叠厚度根据该形状而变化。根据叶片221的材质和粉末材料P的材质(种类)的特性,因摩擦等要因对叶片221的移动

造成障碍,没有在底板311、固化层上均匀地移送粉末材料P,有可能使所形成的材料层的平面度下降,或者层叠厚度与所期望的厚度不同,或者材料层中的密度的均匀性下降,或者平面粗度变大。因此,叶片221的形状以及材质为对参数Δz、ρ、k、α造成影响的造型条件,若改变叶片221的形状以及材质则能量密度ED和温度分布T(r)的值受到影响。

[0263] 此外,叶片221的形状以及材质的变更能够通过改变叶片221的种类来进行。在该情况下,用于改变叶片221的形状以及材质的变更信息例如为示出叶片221的更换的信息。在该情况下,造型装置1例如进行促使更换叶片221的报知。作为报知的方法,造型装置1只要将传达需要改变非活性气体的种类的意思的消息显示于监控器(未图示)或者从扬声器(未图示)发出声音即可。另外,在具有可在多个种类之间自动更换叶片211的构成的情况下,根据基于材料控制部51的控制,自动更换叶片211的种类。另外,在构成为上述的叶片221的形状可变的构造的情况下,根据基于材料控制部51的控制,能够改变叶片221的形状。在该情况下所生成的变更信息例如为指示叶片221的形状的变更的信息。

[0264] 在材料层的层叠厚度很厚的情况下,通过激光的照射产生的热量没有充分到达材料层的Z方向-侧的面(下面)为止,有可能成为熔融不足等造型不良的产生原因。层叠厚度为与参数Δz相关联地生成变更信息的造型条件,例如,若层叠厚度增加则参数Δz的值变大,能量密度ED的值下降。用于改变层叠厚度的变更信息例如可以为上述的、刮涂机22的叶片221对粉末材料P施加的新的压力的值、当前的压力的修正值,也可以为叶片221的按压机构的新的驱动量的值、当前设定的按压机构的驱动量的修正值。

[0265] 叶片221的形状以及材质能够利用下一造型物造型时变更而变更。叶片221的移动速度、对粉末材料P施加的压力、待机时间以及材料层的层叠厚度能够在下一层造型时变更或者下一造型物造型时变更的情况下变更。

[0266] (2-5)与造型槽31的底板311相关联的支承部条件

[0267] 作为与造型槽31的底板311相关联的造型条件,有底板311的温度[℃]。

[0268] 底板311的温度对形成于上部的材料层的初始温度造成影响,底板311的温度越高,粉末材料P越被加温。因此,底板311的温度越高,粉末材料P的初始温度变得越高。在该情况下,被激光照射的粉末材料P的温度上升至期望的温度(例如熔点)为止所需的热量变少。因此,底板311的温度为与参数的P_0相关联地生成变更信息的造型条件。底板311的温度越高,参数P_0的值越大,功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值越增加。用于改变底板311的温度的变更信息例如为加热器313的新的加热输出的值、当前设定的加热器313的加热输出的修正值。

[0269] 此外,若底板311的温度很高,则通过激光的照射而上升的固化层的温度下降时的温度的下降量变小,因此,在熔池MP凝固时所产生的残留应力的影响变小。另外,如上所述,若底板311的温度很高,则被激光照射的粉末材料P的温度上升至期望的温度为止所需的热量很少即可,因此,无需改变激光的输出地能够使扫描速度上升。

[0270] 底板311的温度能够在下一层造型时变更或者下一造型物造型时变更的情况下变更。

[0271] (2-6)与固化层或者三维造型物的形状相关联的设计数据

[0272] 作为将与固化层或者三维造型物的形状相关联的设计数据设为造型条件的情况的具体例,存在作为所造型的固化层的形状数据的切片模型数据、和支承固化层或三维造

型物的支承部的形状数据的至少一个数据。

[0273] 切片模型数据为用于决定所造型的固化层的XY平面上的形状、固化层的厚度(切片间距)等形状数据。切片模型数据为与参数Δz相关联地生成变更信息的造型条件。即,若固化层的厚度变大,则参数Δz的值变大。若改变作为形状数据的切片模型数据,则有改变来自照射部32的激光的各种造型条件、和用于由扫描部33进行的扫描的各种造型条件的可能性,因此,切片模型数据对功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值造成影响。用于改变切片模型数据的变更信息例如为XY平面上的固化层的新的形状、固化层的新的厚度、或者XY平面上的固化层的形状的修正值、固化层的厚度的修正值。

[0274] 如上所述,支承部的形状数据示出为了防止固化层间或三维造型物的变形或破损而对三维造型物进行支承的支承部的厚度或长度等形状。支承部的形状通过所支承的固化层或三维造型物的形状、大小等来决定。支承部的体积越大,固化层中的通过激光的照射作为支承部而造型的部分的热量对形成在该固化层上的材料层(粉末材料P)造成的影响变得越大。另外,通过底板311对粉末材料P进行加热,初始温度越高,通过固化层中作为支承部而造型的部分从底板311向材料层(粉末材料P)传递的热量变多。因此,支承部的形状数据为通过支承部的体积、底板311的温度对参数P_0造成影响的造型条件,对能量密度ED、温度分布T(r)的值造成影响。用于改变支承部的形状数据的变更信息例如为支承部的新的形状(长度、厚度等)的值、当前的支承部的形状(长度、厚度等)的修正值。

[0275] 切片模型数据、支承部件的形状数据能够在下一造型物造型时变更的情况下进行修正。

[0276] (2-7)与粉末材料P相关联的条件

[0277] 作为与粉末材料P相关联的造型条件的具体例,具有粉末材料P的粒径/粒度分布、粉末材料P的吸湿度、粉末材料P的种类的至少一个条件。

[0278] 材料层内的粉末材料P的粒径/粒度分布的偏差对被激光照射的材料层的热扩散率、热传递率造成影响,有可能成为熔融不良等的原因。另外,当在粒径/粒度分布存在偏差的粉末材料P通过叶片221而被移送至造型槽31时,存在在材料层中厚度、密度产生偏差的情况,其结果为,有在所造型的固化层产生孔隙等缺陷的可能性。粒径/粒度分布为与参数Δz、ρ、k、α相关联地生成变更信息的造型条件。例如,若粒径/粒度分布变大(偏差变大),则参数Δz的值变大,参数ρ、k、α的值变小,能量密度ED和温度分布T(r)的值增加。用于改变粉末材料P的粒径/粒度分布的变更信息为例如指示去掉所形成的材料层而新形成材料层的信息。

[0279] 吸湿度很高的粉末材料P的流动性变低,难以通过叶片221向造型槽31平滑地移送。因此,所形成的材料层的平面度、层叠厚度难以变均匀,另外,表面粗度易于变大。即,粉末材料P的吸湿性为对参数Δz造成影响的造型条件。另外,若粉末材料P的吸湿度很高,则材料层的平面度、层叠厚度、密度难以变均匀,因此,基于激光的照射的温度上升变得不均匀,有因熔融不良而使造型的固化层产生孔隙等缺陷的可能性。而且,吸湿度高的粉末材料P的热传递率、热扩散率很低,因此,有可能在通过熔融不良而造型的固化层产生孔隙等缺陷。因此,粉末材料P的吸湿度为与参数k、α相关联地生成变更信息的造型条件。例如,若粉末材料P的吸湿度很高,则参数k、α的值下降,温度分布T(r)的值减少。另外,粉末材料P的吸湿度对功率密度PD和能量密度ED的值造成影响。用于改变吸湿度的变更信息例如包括表示

需要利用加热器213对粉末材料P进行加热的信息、和加热器213的加热输出的值。

[0280] 粉末材料P的种类有粉末的材质、添加剂分别不同的粉末材料P。若粉末材料P的种类不同，则粉末的粒径的大小、热传递率、热扩散率等不同。另外，例如，即使在形成材料层时利用叶片221向不同粒径的粉末材料P施加相同的压力，在使用了粒径很大的粉末材料P的情况下，与使用粒径很小的粉末材料P的情况相比，材料层内中的粒子间的间隙也会变大，因此，材料层的层叠厚度会增加，或者密度变低。因此，粉末材料P的种类为对参数Δz、ρ、k、α带来影响的造型条件，对能量密度ED和温度分布T(r)带来影响。用于改变粉末材料P的种类的变更信息例如为示出利用不同种类的粉末材料P的信息。在该情况下，造型装置1例如进行对用户促使更近粉末材料P的报知。作为报知的方法，造型装置1只要将传达需要改变粉末材料P的种类的意思的消息显示监控器(未图示)或者从扬声器(未图示)发出声音即可。另外，针对多个材料供给槽21的每一个收容不同种类的粉末材料P，在多个材料供给槽21具有可自动更换的构成的情况下，按照基于材料控制部51的控制，更换材料供给槽21，由此自动更换粉末材料P的种类。

[0281] 粉末材料P的粒径/粒度分布、以及种类能够在下一造型物造型时变更的情况下变更。粉末材料P的吸湿度能够在下一层造型时变更或者下一造型物造型时变更的情况下进行修正。

[0282] 此外，在上述的使用图8、9进行的说明中，作为参数，例示了相对于上述(2-1)～(2-7)所包含的各造型条件的关联性特别高、相对于造型条件的变更的关联变化很大的参数。然而，在改变了各造型条件的情况下，(1)式～(3)式所包含的参数中的、上述例示的参数以外的参数也受到影响。因此，还可以考虑上述例示的参数以外的参数变化，以使功率密度PD、能量密度ED以及温度分布T(r)的至少一个成为期望的范围的方式生成用于改变造型条件的变更信息。

[0283] 此外，在本实施方式中，造型条件在以上示出的(2-1)～(2-8)的造型条件以外，还可以包括造型装置1中的现有的其他造型条件。作为其他造型条件，包括来自照射部32的激光的振荡模式、激光的偏振光状态、非活性气体的种类、框体10内的氧浓度、框体10内的压力[Pa]、底板311的种类、造型姿势数据、三维造型物的形状数据、粉末材料P的氧浓度。

[0284] 作为激光的振荡模式，如上所述，在本实施方式中，能够在CW(连续)振荡与脉冲振荡之间切换。在脉冲振荡的情况下，与CW振荡相比，成为导通的时间很短，因此，在照射了激光的位置，粉末材料P所吸收的热量比CW振荡的情况小。因此，已知因振荡模式而在流入粉末材料P的热量产生差异，因此，对粉末材料P的熔融有影响，特别在锁孔KH的深度、凝固区域BH的宽度产生影响。即，振荡模式对功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值造成影响。用于改变激光的振荡模式的变更信息例如是表示在CW(连续)振荡和脉冲振荡的哪种模式下使激光射出的信息。激光的振荡模式在实时变更、下一层造型时变更以及下一造型物造型时变更的情况下均能够变更。

[0285] 作为激光的偏振光状态，例如有圆偏振光、直线偏振光等。在粉末材料P为金属材料的情况下，激光的吸收受到激光的偏振光状态的影响。即，激光的偏振光状态对流入被激光照射的粉末材料P的热量造成影响。因此，激光的偏振光状态为对功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值的至少一个造成影响的造型条件。用于改变激光的偏振光状态的变更信息为例如表示设定可对从照射部32射出的激光设定的偏振光状态(例如圆偏振光、直

线偏振光等)中的、哪一种偏振光状态的信息。激光的偏振光状态能够在下一造型物造型时变更的情况下变更。

[0286] 作为非活性气体的种类,例如能够从氮气、氩气等中选择。非活性气体的种类为根据粉末材料P的种类而选择的造型条件。例如,在粉末材料P为钛的情况下,若使用氮气来作为非活性气体,则粉末材料P会与氮气反应,因此,只要使用氩气来作为非活性气体即可。像这样,在相对于粉末材料P的种类没有选择适当的非活性气体的情况下,粉末材料P和非活性气体会引起反应,因此,对功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值造成影响。用于改变非活性气体的种类的变更信息是表示使用不同种类的非活性气体的信息。在该情况下,造型装置1例如进行对用户促使更换非活性气体的报知。作为报知的方法,造型装置1只要将传达需要改变非活性气体的种类的意思的消息显示于监控器(未图示)或者从扬声器(未图示)发出声音即可。此外,非活性气体的种类能够通过更换气罐13来进行。另外,针对多个气罐13的每一个收容不同种类的非活性气体,在多个气罐13具有可自动更换的构成的情况下,按照基于框体控制部53的控制,更换气罐13,由此来自动更换非活性气体的种类。非活性气体的种类能够在下一造型物造型时变更的情况下变更。

[0287] 框体10内的氧浓度为用于设定为不使熔融、凝固中的材料层氧化的浓度的造型条件。如上所述,在粉末材料P氧化的表面上形成有氧化膜,比热根据氧化膜的厚度而变化,由此,对粉末材料P的热量的吸收、热量的传递波及影响。因此,框体10内的氧浓度为对能量密度ED、温度分布T(r)的值造成影响的造型条件。用于改变框体10内的氧浓度的变更信息例如为作为吸气装置131的阀的新的阀开度、排气装置14的新的排气量、或者当前设定的阀开度、排气量的修正值。框体10内的氧浓度能够在下一层造型时变更或者下一造型物造型时变更的情况下变更。

[0288] 由于三维造型物的造型以在框体10内保持为规定的压力的状态下进行,所以将框体10内的压力作为造型条件来进行控制。框体10内的压力对熔池MP的表面张力造成影响。如上所述,熔池MP内的对流C因熔池MP的表面与内部的表面表力之差而产生,因此,框体10内的压力为对熔池MP的对流C造成影响的造型条件。对流C对熔池MP内的温度分布造成影响,因此,框体10内的压力为对温度分布T(r)造成影响的造型条件。用于改变框体10内的压力的变更信息例如为排气装置14的新的排气量、或者当前设定的排气量的修正值。框体10内的压力能够在下一层造型时变更或者下一造型物造型时变更的情况下变更。

[0289] 造型姿势数据如上所述是表示固化层、三维造型物的造型姿势的数据,在设定切片模型数据时使用。若改变造型姿势,则有改变来自照射部32的激光的各种造型条件、用于基于扫描部33的扫描的各种造型条件的可能性。因此,造型姿势数据对功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值造成影响。相对于造型姿势数据生成的变更信息例如为示出对新的造型姿势设定时的切片方向的信息。造型姿势数据能够在下一造型物造型时变更的情况下变更。

[0290] 三维造型物的形状数据为设计数据(即,CAD数据、STL数据)。因此,三维造型物的形状数据为若被改变则有改变来自照射部32的激光的各种造型条件、用于基于扫描部33的扫描的各种造型条件的可能性的造型条件。因此,三维造型物的形状数据对功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)的值造成影响。用于改变三维造型物的形状数据的变更信息例如为表示三维造型物的新的形状的值、当前的三维造型物的形状的修正值。三维造型物的形

状数据能够在下一造型物造型时变更的情况下进行修正。

[0291] 如上所述,在本实施方式中,底板311构成为能够从厚度或材质不同的多种中选择并安装。底板311的种类为如下的造型条件,即,选择具有为了防止因在熔池MP凝固时产生残留应力而使固化层变形的情况、保持固化层的形状所需的刚性(厚度、材质)的底板311。残留应力因熔融的粉末材料P到凝固为止的温度变化而产生,因此,用于抑制残留应力的产生的底板311的种类为与温度分布T(r)有关联的造型条件。底板311能够在下一造型物造型时变更。用于改变底板311的种类的变更信息例如为示出使用不同的种类的底板311的信息。在该情况下,造型装置1例如进行对用户促使底板311的更换的报知。作为报知的方法,造型装置1只要将传达需要改变底板311的种类的意思的消息显示于监控器(未图示)或者从扬声器(未图示)发出声音即可。另外,在具有可在多个种类之间自动更换底板311的构成的情况下,按照基于造型控制部52的控制,自动更换底板311的种类。

[0292] 若粉末材料P氧化,则如上所述在粉末材料P的表面形成有氧化膜,比热根据该氧化膜的厚度而变化。粉末材料P的氧化膜对粉末材料P的热传递波及影响,可能成为熔融不良等的原因。因此,粉末材料P的氧浓度成为造型条件,对能量密度ED的值造成影响。相对于粉末材料P的氧浓度生成的变更信息例如包括表示需要利用加热器213对粉末材料P进行加热的信息、和加热器213的加热输出的值。粉末材料P的氧浓度能够在下一造型物造型时变更时进行变更。

[0293] 接着,对运算部56所生成的变更信息的具体例进行说明。在以下的说明中,举出为了将功率密度PD、能量密度ED以及温度分布T(r)的至少一个保持在期望的范围,由运算部56生成变更信息的情况的例子。

[0294] 对基于由检测部54求出的检测对象区域的状态改变参数P_L的情况进行说明。在使参数P_L增加的情况下,即,在使功率密度PD、能量密度ED或者温度分布T(r)的值增加的情况下,运算部56例如以提高来自照射部32的激光的激光输出的方式生成变更信息。在使参数P_L下降的情况下,即,在使功率密度PD、能量密度ED或者温度分布T(r)的值下降的情况下,运算部56以降低来自照射部32的激光的激光输出的方式生成变更信息。在该情况下所生成的变更信息为从照射部32射出的激光的输出值。输出部55将所生成的变更信息作为状态信息,输出至设定部59的造型控制部52。造型控制部52例如将所设定的激光的输出值变更为用变更信息表示的输出值,利用变更后的输出值从照射部32射出激光。

[0295] 将参数P_L的值和激光输出建立了关联的数据被事先存储于存储部58。运算部56从该数据读出与被期望为参数P_L的值对应的激光输出的值,生成所读出的新的激光输出的值来作为变更信息。

[0296] 对基于由检测部54求出的检测对象区域的状态,改变参数P_0的情况进行说明。在使参数P_0增加的情况下,即,在使功率密度PD、能量密度ED或者温度分布T(r)的值增加的情况下,运算部56以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,作为造型条件的变更,例如包括非活性气体的流量的减少以及流速的下降、框体10内的温度增加、叶片221的待机时间的缩短和底板311的温度增加。在使参数P_0下降的情况下,即,使功率密度PD、能量密度ED或者温度分布T(r)的值下降的情况下,运算部56以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,作为造型条件的变更,例如包括非活性气体的流量的增加以及流速的上升、框体10内的温度下降、叶片221的待机

时间的延长、底板311的温度下降。

[0297] 在生成用于改变非活性气体的流量以及流速的变更信息的情况下,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息,向设定部59的框体控制部53输出。框体控制部53例如将所设定的吸气装置131的阀开度、排气装置14的排气量变更为利用变更信息表示的阀的开度、排气量,利用变更后的阀开度、排气量使吸气装置131、排气装置14动作。

[0298] 在生成用于改变框体10内的温度的变更信息的情况下,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息,并输出至框体控制部53。框体控制部53例如将所设定的加热器15的加热输出变更为用变更信息表示的加热输出,并利用变更后的加热输出使加热器15动作。

[0299] 在生成用于改变叶片221的待机时间的变更信息的情况下,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息,输出至设定部59的材料控制部51。材料控制部51例如将所设定的待机时间变更为用变更信息表示的待机时间,利用变更后的待机时间使叶片221移动。

[0300] 在生成用于改变底板311的温度的变更信息的情况下,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息,并输出至设定部59的造型控制部52。造型控制部52例如将所设定的加热器313的加热输出变更为用变更信息表示的加热输出,利用变更后的加热输出使加热器313动作。

[0301] 将参数P_0的值和非活性气体的流量以及流速、框体10内的温度、叶片221的待机时间、底板311的温度建立了关联的数据被事先存储在存储部58内。运算部56从该数据读出与被期望为参数的值的值对应的各造型条件的值,生成所读出的新的值来作为变更信息。

[0302] 此外,参数P_0根据激光的扫描路径、支承部的体积和底板311的温度也受到来自支承部的形状(厚度、长度等)的影响,因此,运算部5也可以针对激光的扫描路径、支承部的形状数据生成变更信息。

[0303] 对基于由检测部54求出的检测对象区域的状态改变参数η的情况进行说明。在使参数η增加的情况下,即,在使温度分布T(r)的值下降的情况、能量密度ED的值增加的情况下,运算部56例如以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,作为造型条件的变更,包括将激光的波长向短波长变更、扫描间距的减少、非活性气体的流量的增加、以及非活性气体的流速的上升。

[0304] 另一方面,在使参数η减少的情况下,即,在使温度分布T(r)的值增加的情况、使能量密度ED的值下降的情况下,运算部56例如以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,作为造型条件的变更,包括将激光的波长向长波长变更、扫描间距的增加、非活性气体的流量的减少以及流速的下降。

[0305] 激光的波长的变更信息通过输出部55输出至造型控制部52。造型控制部52例如将所设定的激光的波长变更为用变更信息表示的波长,利用变更后的波长从照射部32射出激光。

[0306] 在生成用于改变激光的波长的变更信息的情况下,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息并输出至设定部59的造型控制部52。造型控制部52例如将所设定的激光的波长变更为用变更信息表示的波长,利用变更后的波长从照射部32射出激光。

[0307] 在生成用于改变扫描间距的变更信息的情况下,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息并输出至设定部59的造型控制部52。造型控制部52例如将电流镜331、332的当前的设定角度变更为用变更信息表示的新的设定角度,利用变更后的设定角度使扫描部33

动作。

[0308] 就用于改变非活性气体的流量以及流速的变更信息的情况而言,与上述的情况同样地,输出部55将状态信息输出至设定部59的框体控制部53。框体控制部53例如利用基于变更信息而改变的阀开度、排气量,使吸气装置131、排气装置14动作。

[0309] 将参数η的值和扫描间距、非活性气体的流量以及流速建立了关联的数据被事先存储于存储部58。运算部56从该数据读出与被期望为参数的值对应的各造型条件的值,生成所读出的新的值来作为变更信息。

[0310] 对基于由检测部54求出的检测对象区域的状态改变参数d的情况进行说明。在使参数d增加的情况下,即,在使功率密度PD和能量密度ED的值减少的情况下,运算部56例如以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,作为造型条件的变更,包括将激光的强度分布向平顶分布变更、和激光的光斑尺寸的增加。在使参数d减少的情况下,即,在使功率密度PD和能量密度ED的值增加的情况下,运算部56例如以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,作为造型条件的变更,包括将激光的强度分布向高斯分布的变更和激光的光斑尺寸的减少。

[0311] 在生成用于改变激光的强度分布的变更信息的情况下,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息并输出至设定部59的造型控制部52。造型控制部52例如将所设定的激光的强度分布变更为用变更信息表示的强度分布,利用变更后的强度分布从照射部32射出激光。

[0312] 在生成用于改变光斑尺寸的变更信息的情况下,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息并输出至设定部59的造型控制部52。造型控制部52例如控制未图示的驱动机构,向用变更信息表示的X方向上的位置移动凹透镜323a。

[0313] 将参数d和激光的强度分布以及光斑尺寸建立了关联的数据被事先存储于存储部58。运算部56从该数据读出与被期望为参数的值对应的各造型条件的值,生成所读出的新的值来作为变更信息。

[0314] 此外,在改变参数d时,运算部56也可以针对对激光的强度分布造成影响的激光的扩散角生成变更信息。

[0315] 对基于由检测部54求出的检测对象区域的状态改变参数v的情况进行说明。在使参数v增加的情况下,即,在使功率密度PD、能量密度ED和温度分布T(r)的值减少的情况下,运算部56例如以提高激光的扫描速度的方式生成变更信息。在使参数v减少的情况下,即,在使功率密度PD、能量密度ED和温度分布T(r)的值增加的情况下,运算部56例如以降低激光的扫描速度的方式生成变更信息。

[0316] 在生成用于改变激光的扫描速度的变更信息的情况下,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息,并输出至设定部59的造型控制部52。造型控制部52例如将所设定的电流镜331、332的倾斜角度的变更速度的值变更为用变更信息表示的倾斜角度的变更速度,利用变更后的倾斜角度的变更速度使扫描部33动作。

[0317] 将参数v和激光的扫描速度建立了关联的数据被事先存储于存储部58。运算部56从该数据读出与被期望为参数v值的值对应的扫描速度的值,生成新的激光的扫描速度来作为变更信息。

[0318] 对基于由检测部54求出的检测对象区域的状态改变参数Δy的情况进行说明。在

使参数Δy增加的情况下,即,在使能量密度ED的值减少的情况下,运算部56以使扫描间距增加的方式生成变更信息。在使参数Δy减少的情况下,即,在使能量密度ED的值增加的情况下,运算部56以使扫描间距减少的方式生成变更信息。所生成的变更信息如上所述,通过输出部55将其作为状态信息输出至设定部59的造型控制部52。造型控制部52例如变更为用变更信息表示的新的设定角度,利用变更后的设定角度使扫描部33动作。

[0319] 将参数Δy和扫描间距建立了关联的数据被事先存储于存储部58。运算部56从该数据读出与被期望为参数Δy的值的值对应的扫描间距的值,生成新的扫描间距来作为变更信息。

[0320] 对基于由检测部54求出的检测对象区域的状态改变参数Δz的情况进行说明。在使参数Δz增加的情况下,即,在使能量密度ED或者温度分布T(r)的值减少的情况下,运算部56例如以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,作为造型条件的变更,包括使叶片221对粉末材料P施加的压力减少并使层叠厚度增加、使粒径/粒度分布增大并增大粒径的偏差、增大作为固化层的形状数据的切片模型数据的厚度。由此,基于激光的照射的热量难以传递至粉末材料P。在使参数Δz减少的情况下,即,在使能量密度ED或者温度分布T(r)的值增加的情况下,运算部56例如以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,作为造型条件的变更,包括使叶片221对粉末材料P施加的压力增加并使层叠厚度减少、使粒径/粒度分布减少并减小粒径的偏差、减小切片模型数据的厚度。由此,基于激光的照射的热量易于传递至粉末材料P。

[0321] 在生成用于改变叶片221对粉末材料P施加的压力的变更信息的情况下,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息,并输出至设定部59的材料控制部51。材料控制部51例如控制叶片221的按压机构,叶片221将基于变更信息的压力施加至粉末材料P。

[0322] 在生成用于改变粒径/粒度分布的变更信息的情况下,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息并输出至设定部59的材料控制部51和造型控制部52。材料控制部51和造型控制部52例如控制刮涂机22、驱动机构212和驱动机构312,进行用于去掉所形成的材料层并形成新的材料层的动作。

[0323] 在生成用于改变作为固化层的形状数据的切片模型数据的变更信息的情况下,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息,并输出至设定部59的造型控制部52。造型控制部52以能够对具有基于变更信息的新的厚度的固化层进行造型的方式,改变照射部32用于射出激光的造型条件的值、用于基于扫描部33的激光的扫描的造型条件的值、驱动机构312的移动量。在该情况下,将所造型的固化层的厚度、和照射部32用于射出激光的造型条件的值、扫描部33用于扫描激光的造型条件建立了关联的数据存储在存储部58内。造型控制部52参照该数据,利用适合新的固化层的厚度的造型条件,使照射部32、扫描部33动作。

[0324] 将参数Δz、对粉末材料P施加的压力、粒径/粒度分布、切片模型数据的厚度建立了关联的数据被事先存储于存储部58。运算部56从该数据读出与被期望为参数Δz的值的值对应的各造型条件的值,生成所读出的新的值来作为变更信息。

[0325] 此外,参数Δz也受到叶片221的移动速度、叶片221的种类(形状以及材质)、粉末材料P的吸湿度、粉末材料P的种类的影响,因此,运算部56也可以针对以上各条件分别生成变更信息。

[0326] 另外,还通过改变底板311的Z方向上的移动量来改变Δz,因此,运算部56也可以

基于用于使底板311移动的驱动机构312的驱动量,生成变更信息。

[0327] 对基于由检测部54求出的检测对象区域的状态改变参数ρ、k以及α的情况进行说明。在使参数ρ、k以及α增加的情况下,即,在使能量密度ED以及温度分布T(r)的值增加的情况下,运算部56例如以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,作为造型条件的变更,包括使叶片221对粉末材料P施加的压力增加、和使粒径/粒度分布减少并使粒径的偏差变小。由此,粉末材料P的密度变大,粉末材料P的热传递率、热扩散率变大。其结果为,因激光的照射而引起的热量易于在材料层中传递。在使参数ρ、k以及α减少的情况下,即,在使能量密度ED以及温度分布T(r)的值减少的情况下,运算部56例如以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,作为造型条件的变更,包括使叶片221对粉末材料P施加的压力减少、使粒径/粒度分布增加并使粒径的偏差变大。由此,粉末材料P的密度变小,粉末材料P的热传递率、热扩散率变小。其结果为,因激光的照射而引起的热量不易在材料层中传递。

[0328] 将参数的ρ、k以及α、和对粉末材料P施加的压力和粒径/粒度分布建立了关联的数据被事先存储于存储部58。运算部56从该数据读出与被期望为各参数的值的值对应的各造型条件的值,生成读出的新的值来作为变更信息。

[0329] 此外,参数ρ、k以及α还受到叶片221的移动速度、叶片221的种类(形状以及材质)、粉末材料P的种类的影响,因此,运算部56可以针对上述内容分别生成变更信息。

[0330] 另外,就参数k以及α而言,还受到粉末材料P的吸湿度的影响。在增加参数k以及α的情况下,即,在使温度分布T(r)的值增加的情况下,运算部56使吸湿度减少。

[0331] 若如上所述那样使运算部56生成变更信息,则输出部55将所生成的变更信息作为状态信息,根据所变更的造型条件的内容,输出至设定部59的材料控制部51、或造型控制部52、或框体控制部53。材料控制部51例如控制材料层形成部20的动作、即驱动材料供给槽21的底面211的驱动机构212的动作、叶片221的动作(叶片221的移动速度、叶片221对粉末材料P施加的压力、叶片221的待机时间)、基于对收容至材料供给槽21的粉末材料进行加热的加热器213的加热温度。另外,例如,造型控制部52按照变更信息的内容,控制照射部32、扫描部33、底板311的动作、驱动加热器313的驱动机构312的动作,来进行设计数据的变更。另外,例如,框体控制部53按照变更信息,控制加热器15、吸气装置131、排气装置14的动作,控制框体10内的环境气体。

[0332] 此外,运算部56也可以将所生成的各造型条件的新的值与现状的造型条件的值的差值即修正值设为变更信息。在该情况下,输出部55将运算部56所生成的变更信息设为状态信息并输出至设定部59。材料控制部51、造型控制部52、框体控制部53使用所输入的状态信息来作为修正造型条件的修正值,控制各部分的动作。

[0333] 接着,针对检测部54、运算部56所进行的处理的具体例中的一例,说明实时变更的情况和下一层造型时变更的情况。

[0334] 首先,对在进行实时变更的情况下的处理的具体例的一例进行说明。在以下的说明中,举出检测部54作为检测对象区域的状态而求出加热前的粉末材料P的状态的情况、和求出熔融的状态的情况的例子。

[0335] 首先,作为实时变更时的处理,举出了如下的例子:检测部54作为检测对象区域的状态,求出与通过激光的照射加热前的熔融尚未开始的粉末材料P(即,熔池MP附近)的温度

有关的信息,运算部56以将能量密度ED的值保持为期望的范围的方式生成变更信息。此外,运算部56不限于以将能量密度ED的值保持为期望的范围的方式生成变更信息,也可以以将功率密度PD的值、能量密度ED的值以及温度分布T(r)的值中的至少一个保持为期望的范围的方式生成变更信息。

[0336] 图10示出的流程图的各处理存储在运算装置50的存储部58内,通过运算装置50读出并执行。

[0337] 在步骤S31中,材料控制部51利用所设定的造型条件使材料层形成部20形成材料层,并前进至步骤S32。在步骤S32中,造型控制部52利用所设定的造型条件使造型部30进行固化层的造型。运算装置50当开始基于照射部32的激光的照射时,使摄像装置41进行材料层的表面的检测对象区域的摄像。检测部54基于由摄像装置41的摄像所生成的图像数据,生成温度图像数据,从温度图像数据求出熔融前的材料层中的粉末材料P的温度。另外,检测部54也可以求出与扫描激光的路径相邻的凝固区域BE的温度。

[0338] 在步骤S33中,判断部57判断由检测部54求出的材料层的粉末材料P的温度是否满足事先规定的第一基准范围。第一基准范围为用于将能量密度ED保持为上述期望的范围的材料层(粉末材料P)的温度的范围。该第一基准范围(粉末材料P的温度的范围)例如基于通过用户的各种试验、仿真等求出的粉末材料P的温度与能量密度ED的相关关系来设定。该第一基准范围事先存储于存储部58,判断部57读出该第一基准范围,并用于步骤S33、后述的步骤S34的判断处理。

[0339] 此外,成为第一基准范围的温度的范围例如在粉末材料P为铝的情况或常温的情况下能够设为20℃±5℃的范围,在预热的情况下能够设为200℃±10℃的范围。在通过判断部57判断为材料层的温度不满足第一基准范围的情况下,处理前进至步骤S34,在通过判断部57判断为材料层的温度满足第一基准范围的情况下,处理前进至后述的步骤S37。换言之,判断部57在步骤S33中,判断是否需要生成变更信息。

[0340] 此外,上述第一基准范围不限于能量密度ED,也可以将功率密度PD、温度分布T(r)设定为保持为期望的范围。

[0341] 在步骤S34中,判断部57判断材料层的温度是比第一基准范围高、还是比第一基准范围低。在通过判断部57判断为材料层的温度比第一基准范围高的情况下,处理前进至步骤S35,在通过判断部57判断为材料层的温度比第一基准范围低的情况下,处理前进至步骤S36。

[0342] 此外,在检测部54求出相邻的凝固区域BE的温度的情况下,判断部57受到相邻的凝固区域BE的热量的影响的情况下,与被设定为将用于将能量密度ED、功率密度PD以及温度分布T(r)的至少一个保持为期望的范围的材料层的温度的范围的第一基准范围进行比较。

[0343] 在步骤S35中,运算部56为了将能量密度ED包含于期望的范围,以降低能量密度ED的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。将能量密度ED的理由如下所示。材料层的温度比第一基准范围高,因此,若对粉末材料P照射激光,则即使很少的热量也使粉末材料P的温度上升至期望的温度(例如熔点)为止。这是因为,预测到粉末材料P吸收的能量的能量密度ED变得过剩。

[0344] 为了降低能量密度ED的值而使粉末材料P所吸收的能量下降,降低来自照射部32

的激光的输出，由此，考虑使粉末材料P所吸收的能量减少。另外，增加非活性气体的流量，使非活性气体的流速上升，将材料层的表面冷却，降低粉末材料P的温度，由此，还考虑使基于激光的照射对粉末材料P的加热效果减小。另外，通过提高基于扫描部33的激光的扫描速度，缩短激光照射材料层上的同一位置的时间，使粉末材料P所吸收的能量减少。

[0345] 根据上述的考虑方式，运算部56降低能量密度ED的值，因此，以降低参数P_L、P_0、或提高参数v中至少一个的方式生成变更信息。在该情况下，运算部56以进行的如下示出的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。与参数P_L相关联的造型条件的变更是降低激光输出。与参数P_0相关联的造型条件的变更是非活性气体的流量的增加以及流速的上升。与参数v相关联的造型条件的变更是提高扫描速度。

[0346] 在该情况下，运算部56基于由检测部54求出的材料层的温度与第一基准范围内的任意值(例如，最大值、中央值)之差，算出能量密度ED的值减少的量(减少量)。在该情况下，对能量密度ED的减少量、以及材料层的温度与第一基准范围内的任意值(例如，最大值、中央值)之差建立了关联的数据被事先存储于存储部58，运算部56参照该数据，算出能量密度ED的值的减少量。运算部56基于能量密度ED的减少量，从(2)式算出各参数P_L、P_0、v的新的值。运算部56参照事先存储于存储部58的、将各参数的值和各造型条件的值建立了关联的数据，算出与所算出的新的参数的值对应的各造型条件的值，生成该造型条件的值来作为变更信息。此外，如上所述，运算部56也可以生成作为新的造型条件的值与当前的造型条件的值之差的修正值来作为变更信息，输出部55也可以将该修正值作为状态信息并输出至设定部59。

[0347] 输出部55将运算部56所生成的变更信息作为状态信息，并输出至设定部59(造型控制部52以及框体控制部53的至少一个)。在造型控制部52输入了变更信息的情况下，造型控制部52使照射部32和扫描部33的至少一个进行下一个动作中的至少一个。该情况下的照射部32的动作是指，利用基于变更信息的新激光输出射出激光。扫描部33的动作是指，利用基于变更信息的新倾斜角度的变更速度驱动电流镜331、332。在框体控制部53输入了变更信息的情况下，框体控制部53使吸气装置131、排气装置14利用基于变更信息的新阀开度、排气量动作。此后，处理返回至步骤S32。

[0348] 在步骤S36中，运算部56以提高能量密度ED的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。提高能量密度ED的值的理由如下。材料层的温度比第一基准范围低，因此，在对粉末材料P照射了激光的情况下，粉末材料P的温度上升到期望的温度(例如熔点)为止需要更多热量。因此，预测到粉末材料P所吸收的能量的能量密度ED会不足。

[0349] 在该情况下，利用与上述步骤S35中的考虑方式相反的考虑方式，运算部56以提高能量密度ED的值的方式改变造型条件。在该情况下，运算部56以提高参数P_L、P_0、且降低参数v的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下，运算部56以进行以下示出的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。与参数P_L相关联的造型条件的变更是指，提高激光输出。与参数P_0相关联的造型条件的变更是指，非活性气体的流量的减少以及流速的下降。与参数v相关联的造型条件的变更是指降低扫描速度。运算部56基础由检测部54求出的材料层的温度与第一基准范围的任意的值(例如，最小值、中央值)之差，算出能量密度ED的值增加的量(增加量)。在该情况下，增加量、以及材料层的温度与第一基准范围的任意的值(例如，最小值、中央值)之差建立了关联的数据事先存储于存储部58，运算部56参照该数

据,算出能量密度ED的值的增加量。运算部56基于能量密度ED的增加量,算出各参数P_L、P_0、v的新值。运算部56参照事先存储于存储部58的、各参数的值与各造型条件的值建立了关联的数据,算出与所算出的新参数的值对应的各造型条件的值,生成该造型条件的值来作为变更信息。

[0350] 输出部55将变更信息作为状态信息并输出至设定部59(造型控制部52以及框体控制部53的至少一个)。在造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52使照射部32和扫描部33的至少一个进行下一个动作中的至少一个。该情况下的照射部32的动作是指,利用基于变更信息的新激光输出射出激光。扫描部33的动作是指,利用基于变更信息的新倾斜角度的变更速度驱动电流镜331、332。在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53使吸气装置131、排气装置14利用基于变更信息的新阀开度、排气量进行动作。此后,处理返回至步骤S32。此外,在该情况下,运算部56也可以生成作为新的造型条件的值与当前的造型条件的值之差的修正值来作为变更信息,输出部55也可以生成该修正值来作为状态信息并输出至设定部59。

[0351] 在材料层的温度满足第一基准范围的情况下前进到的步骤S37中,运算装置50判断一层固化层的造型是否结束。在一层固化层的造型没有结束的情况下,运算装置50对步骤S37进行否定判断,处理返回至步骤S32。在一层固化层的造型结束的情况下,运算装置50对步骤S37进行肯定判断,处理返回至步骤S38。在步骤S38中,运算装置50判断全部固化层的造型是否结束。在并非全部固化层的处理结束的情况下,运算装置50对步骤S38进行否定判断,处理前进至步骤S31。在全部固化层的处理结束的情况下,运算装置50对步骤S38进行肯定判断,将全部处理结束。

[0352] 此外,在上述的说明中,举出了检测部54求出在由激光的照射进行加热前的粉末材料P的温度的情况的例子,但不限于该例子。例如,也可以求出在材料层的粉末材料P中混合存在的异物、飞溅物SP。在该情况下,检测部54也可以不求出与使用双色法的温度有关的信息,而根据用摄像装置41进行拍摄的图像数据,利用公知的图像处理方法,求出异物、飞溅物SP。在该情况下,检测部54例如也可以利用事先获取的训练图像,基于粉末材料P的粒子、异物、飞溅物SP的尺寸、形状的不同,根据用摄像装置41进行拍摄的图像数据,区分并求出粉末材料P、异物和飞溅物SP。另外,例如也可以利用与摄像装置41不同的摄像装置进行拍摄而生成的彩色图像上求出异物、飞溅物SP。

[0353] 通过进行以上的处理,将作为在粉末材料P熔融而凝固时的基本条件之一的能量密度ED保持为期望的范围,能够抑制向粉末材料P的能量不足、或因能量过多而引起的固化层的造型不良的产生。

[0354] 接着,在进行实时变更的情况下的处理的具体例中的作为一例,举出了如下的例子:检测部54作为熔融的状态,求出与熔池MP和其附近的温度有关的信息,运算部56以将能量密度ED的值保持为期望的范围的方式生成变更信息。此外,运算部56不限于以将能量密度ED的值保持为期望的范围的方式生成变更信息,也可以以将功率密度PD的值、能量密度ED的值以及温度分布T(r)的值中的至少一个保持为期望的范围的方式生成变更信息。

[0355] 图11示出的流程图的各处理存储于运算装置50的存储部58,由运算装置50读出并执行。

[0356] 步骤S41以及S42的处理与图10的流程图示出的步骤S31以及S32的处理相同。但

是,在步骤S42中,检测部54使用根据利用摄像装置41的摄像生成的图像数据而生成的温度图像数据,作为与熔池MP和其附近的温度有关的信息,求出熔池MP的温度分布。在图11示出的具体例中,举出了检测部54根据温度图像数据求出熔池MP中的任意温度的等温线的直径的情况。

[0357] 在步骤S43中,判断部57判断由检测部54求出的熔池MP的温度分布、即,熔池MP的任意温度的等温线的直径是否满足事先决定的第一基准范围。第一基准范围为用于将温度分布T(r)保持为期望的范围的等温线的直径的范围。该第一基准范围例如基于通过用户的各种试验、仿真等而求出的熔池MP的温度分布(任意的温度的等温线的直径)与温度分布T(r)的相关关系来设定。该第一基准范围事先存储于存储部58,判断部57读出该第一基准范围,用于步骤S43、后述的步骤S44的判断处理。在通过判断部57判断为熔池MP的等温线的直径不满足第一基准范围的情况下,处理前进至步骤S44,在通过判断部57判断为等温线的直径满足第一基准范围的情况下,处理前进至后述的步骤S47。换言之,判断部57在步骤S43中,判断是否需要生成变更信息。

[0358] 此外,上述第一基准范围不限于温度分布T(r),也可以设定为将功率密度PD、能量密度ED保持为期望的范围。另外,成为第一基准范围的等温线的直径的范围也可以为对应于从所使用的粉末材料P的熔点与液相线温度之间的温度到熔点与固相线温度之间的温度位置的范围的等温线的直径的范围。

[0359] 在步骤S44中,判断部57判断等温线的直径比第一基准范围高、且比第一基准范围低。在通过判断部57判断为等温线的直径比第一基准范围高的情况下,处理前进至步骤S45,在通过判断部57判断为等温线的直径比第1基准范围低的情况下,处理前进至步骤S46。

[0360] 在步骤S45中,运算部56为了将能量密度ED的值包含于期望的范围,以降低能量密度ED的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。降低能量密度ED的值的理由如下所示。熔池MP的等温线的直径比第一基准范围大意味着,熔池MP比预计用当前设定的造型条件得到的熔池MP大。由此,推定为材料层的内部的粉末材料P所吸收的能量的能量密度ED过剩。

[0361] 在该情况下,运算部56与图10的步骤S35的情况同样地,降低能量密度ED的值,因此,以降低参数P_L、P_0、和提高参数v的至少一个的方式生成变更信息。即,运算部56以降低激光输出、非活性气体的流量的增加以及流速的上升、降低扫描速度的至少一个的方式生成变更信息。为了使运算部56用于生成变更信息而进行的具体处理与在图10中说明的步骤S35的情况同样地,一边参照存储于存储部58的数据一边进行。输出部55将运算部56所生成的变更信息作为状态信息,并输出至设定部59(造型控制部52以及框体控制部53的至少一个)。在造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52使照射部32、扫描部33的至少一个进行下一个动作中的至少一个。该情况下的照射部32的动作利用基于变更信息的新激光输出射出激光。扫描部33的动作是指,利用基于变更信息的新倾斜角度的变更速度驱动电流镜331、332。在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53使吸气装置131、排气装置14利用基于变更信息的新的阀开度、排气量进行动作。此后,处理返回至步骤S42。

[0362] 在步骤S46中,运算部56为了将能量密度ED的值包含于期望的范围,以提高能量密

度ED的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。提高能量密度ED的理由如下所示。熔池MP内的等温线的直径比第一基准范围小意味着,熔池MP比预测为以当前设定的造型条件得到的熔池MP小。由此,能够推定为材料层的内部的粉末材料P吸收的能量的能量密度ED不足。

[0363] 在该情况下,运算部56与图10的步骤S36的情况同样地,提高能量密度ED,因此,以提高参数P_L、P_0、降低参数v的至少一个的方式生成变更信息。即,运算部56以提高激光输出、非活性气体的流量减少以及流速的下降、降低扫描速度的至少一个的方式生成变更信息。为了使运算部56生成变更信息所进行的具体处理与在图10中说明的步骤S36的情况同样地,一边参照存储于存储部58的数据一边进行。输出部55将运算部56生成的变更信息作为状态信息,并输出至设定部59(造型控制部52以及框体控制部53的至少一个)。在造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52使照射部32、扫描部33的至少一个执行下面动作中的至少一个。该情况下的照射部32的动作是指,利用基于变更信息的新的激光输出射出激光。扫描部33的动作是指,利用基于变更信息的新倾斜角度的变更速度驱动电流镜331、332。在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53使吸气装置131、排气装置14利用基于变更信息的新阀开度、排气量进行动作。此后,处理返回至步骤S42。

[0364] 此外,在步骤S45和S46中,运算部56也可以生成作为新造型条件的值与当前的造型条件的值之差的修正值来作为变更信息,输出部55也可以将该修正值作为状态信息并输出至设定部59。

[0365] 在等温线的直径满足第一基准范围的情况下前进至的步骤S47、S48的处理与图10的步骤S37、S38的处理相同。

[0366] 通过进行以上的处理而使在粉末材料P熔融并凝固时的基本条件保持为期望的范围,能够抑制因熔融不足或者熔融过多引起的固化层的造型不良的产生。

[0367] 此外,在步骤S42中,检测部54也可以求出熔池MP的XY平面上中的长轴与单轴之比、XY平面上的熔池MP的温度梯度,来作为与熔池MP和其附近的温度有关的信息。在该情况下,也可以使用用于将能量密度ED、功率密度PD以及温度分布T(r)的至少一个保持为期望的范围的熔池MP的XY平面上的长轴与短轴之比、XY平面上的熔池MP的温度梯度,来作为第一基准范围。在该情况下,第一基准范围也与上述同样地,基于用户的各种试验、仿真的结果来设定。

[0368] 在熔池MP的长轴与短轴之比大于第一基准范围的情况下,能够推定为粉末材料P所吸收的能量的能量密度ED过剩,熔池MP比根据当前设定的造型条件而设想的熔池MP大。因此,运算部56只要以使能量密度ED的值减少的方式,与步骤S45同样地生成变更信息即可。在熔池MP的长轴与短轴之比比第一基准范围小的情况下,利用相反的考虑方式,运算部56只要与步骤S46同样地生成变更信息即可。

[0369] 另外,在熔池MP的温度梯度比第一基准范围大的情况下,推定为粉末材料P吸收的能量的能量密度ED过剩,在熔池MP内的温度变化剧烈。因此,运算部56只要以使能量密度ED的值减少的方式与步骤S45同样地生成变更信息即可。在熔池MP的温度梯度比第一基准范围小的情况下,只要利用相反的考虑方式,运算部56与步骤S46同样地生成变更信息即可。

[0370] 接着,在进行实时变更的情况下的处理的具体例中的作为一例,举出如下的例子:检测部54求出飞溅物SP的状态,运算部56以将能量密度ED的值保持为期望的范围的方式生

成变更信息的情况。此外,运算部56不限于以将能量密度ED的值保持为期望的范围的方式生成变更信息,可以以将功率密度PD的值、能量密度ED的值以及温度分布T(r)的值中的至少一个保持为期望的范围的方式生成变更信息。

[0371] 图12示出的流程图的各处理存储于运算装置50的存储部58。通过运算装置50读出且执行。

[0372] 步骤S51以及S52的处理与图10的流程图示出的步骤S31以及S32的处理相同。但是,在步骤S52中,检测部54使用根据通过摄像装置41的摄像生成的图像数据生成的温度图像数据,利用使用图6说明的方法,从温度图像数据求出飞溅物SP的状态。在图12的流程图示出的具体例中,举出检测部54作为飞溅物SP的状态而求出飞溅物SP的飞散量的情况的例子。

[0373] 在步骤S53中,判断部57判断由检测部54求出的飞溅物SP的状态、即,飞溅物SP的飞散量是否满足第一基准范围。第一基准范围为用于将能量密度ED保持为期望的范围的飞溅物SP的飞散量的范围。该飞溅物SP的飞散量的范围例如基于通过用户的各种试验、仿真等求出的飞溅物SP的飞散量与能量密度ED的相关关系来设定。该飞溅物SP的飞散量的范围(第一基准范围)事先存储于存储部58,判断部57读出该第一基准范围,用于步骤S53、后述的步骤S54的判断处理。在通过判断部57判断为飞溅物SP的飞散量不满足第一基准范围的情况下,处理前进至步骤S54,在通过判断部57判断为飞溅物SP的飞散量满足第一基准范围的情况下,处理前进至后述的步骤S57。换言之,判断部57在步骤S53中,判断是否需要变更信息。

[0374] 此外,上述第一基准范围不限于能量密度ED,也可以设定为将功率密度PD、温度分布T(r)保持为期望的范围。

[0375] 在步骤S54中,判断部57判断飞溅物SP的飞散量比第一基准范围多、还是比第一基准范围少。在通过判断部57判断为飞溅物SP的飞散量比第一基准范围多的情况下,处理前进至步骤S55,在通过判断部57判断为飞溅物SP的飞散量比第一基准范围少的情况下,处理前进至步骤S56。

[0376] 在步骤S55中,运算部56为了将能量密度ED的值包含于期望的范围,以降低能量密度ED的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。降低能量密度ED的值的理由如下所示。即,飞溅物SP的飞散量比第一基准范围多意味着,对粉末材料P施加的热量过大,熔池MP的对流C很大。也就是说,因此,能够推定为粉末材料P所吸收的能量的能量密度ED过剩。

[0377] 在该情况下,运算部56与图10的步骤S35、图11的步骤S45的情况同样地,降低能量密度ED的值,因此,以降低参数P_L、P_0、提高参数v的至少一个的方式生成变更信息。即,运算部56以降低激光输出、执行非活性气体的流量的增加以及流速的上升、提升扫描速度的至少一个的方式生成变更信息。为了使运算部56生成变更信息而进行的具体处理与在图10中说明的情况同样地,一边参照存储于存储部58的数据一边进行。输出部55将运算部56所生成的变更信息作为状态信息,并输出至设定部59(造型控制部52以及框体控制部53的至少一个)。在造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52进行使照射部32利用基于变更信息的新激光输出射出激光、和使扫描部33以基于变更信息的新倾斜角度的变更速度驱动电流镜331、332的至少一个。在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53使吸气装置131、排气装置14利用基于变更信息的新阀开度、排气量进行动作。此后,处理返

回至步骤S52。

[0378] 在步骤S56中,运算部为了将能量密度ED的值包含于期望的范围,以提升能量密度ED的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。提升能量密度ED的值的理由如下所示。即,飞溅物SP的飞散量比第一基准范围少是指,对粉末材料P施加的热量不足,熔池MP的对流C很小。也就是说,能够推定为粉末材料P所吸收的能量的能量密度ED不足。

[0379] 在该情况下,运算部56与图10的步骤S36、图11的步骤S46的情况同样地,为了提升能量密度ED的值,以执行提升参数P_L、P_0、和降低参数v的至少一个的方式生成变更信息。即,运算部56以提升激光输出、使非活性气体的流量的减少以及流速下降、降低扫描速度的至少一个的方式生成变更信息。运算部56为了生成变更信息所进行的具体处理与图10中说明的情况同样地,一边参照存储于存储部58的数据一边进行。

[0380] 输出部55将运算部56所生成的变更信息作为状态信息,并输出至造型控制部52以及框体控制部53的至少一个。在造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52使照射部32、扫描部33的至少一个进行下面的动作中的至少一个动作。该情况下的照射部32的动作是指,利用基于变更信息的新的激光输出射出激光。扫描部33的动作是指,利用基于变更信息的新的倾斜角度的变更速度驱动电流镜331、332。在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53使吸气装置131、排气装置14以基于变更信息的新的阀开度、排气量动作。此后,处理返回至步骤S52。

[0381] 此外,在步骤S55和S56中,运算部56可以生成新的造型条件的值与当前的造型条件的值之差的修正值来作为变更信息,输出部55也可以将该修正值作为状态信息输出至设定部59。

[0382] 在飞溅物的飞散量满足第一基准范围的情况下前进至的步骤S57、S58的处理与图10的步骤S37、S38的处理相同。

[0383] 通过进行以上的处理,来控制熔融过程中的熔池MP内部的状态因此,能够减少因熔池MP凝固而造型的固化层的内部缺陷的产生。

[0384] 此外,在步骤S52中,作为飞溅物SP的状态,检测部54也可以利用使用图6说明的方法来求出飞溅物SP的飞散方向、飞散速度。

[0385] 在检测部54求出飞溅物SP的飞散方向的情况下,第一基准范围为用于将功率密度PD、能量密度ED以及温度分布T(r)的至少一个保持在期望的范围内的飞溅物SP的飞散方向上的范围。该飞溅物SP的飞散方向上的范围(第一基准范围)例如与上述的步骤S53同样地,基于用户的各种试验、仿真等结果来设定。判断部57在以锁孔KH为中心的飞溅物SP的飞散方向没有固定为一定的方向(例如相对于激光的扫描方向为后方等)而是不规则地分散的情况下判断为不满足第一基准范围。如上所述,飞溅物SP的飞散方向没有固定为一定的方向是指,粉末材料P接受的能量过剩的状态。该状态意味着锁孔KH变深、熔池MP的对流C剧烈,因此,运算部56以降低能量密度ED的值的方式生成变更信息。

[0386] 在检测部54求出飞溅物SP的飞散速度的情况下,第一基准范围为用于将功率密度PD、能量密度ED以及温度分布T(r)的至少一个保持为期望的范围的飞溅物SP的飞散速度的范围。该飞溅物SP的飞散速度的范围(第一基准范围)例如与上述的步骤S53同样地,基于用户的各种试验、仿真等结果来设定。判断部57在飞散速度大的情况下判断为不满足第一基准范围。如上所述,飞溅物SP的飞散速度很大意味着熔池MP的对流C很剧烈,因此,运算部56

以降低能量密度ED的值的方式生成变更信息。

[0387] 另外,作为检测对象区域的状态,检测部54也可以求出烟尘FU的状态。

[0388] 对检测部54利用使用图7说明的方法而求出烟尘FU的浓度来作为烟尘FU的状态的情况进行说明。在该情况下,第一基准范围为用于将功率密度PD、能量密度ED以及温度分布T(r)的至少一个保持为期望的范围内的烟尘FU的浓度的范围。该烟尘FU的浓度的范围(第一基准范围)例如与上述的步骤S33、步骤S43、步骤S53同样地,基于用户的各种试验、仿真等结果来设定。浓度越浓,则判断部57越判断为不满足第一基准范围。如上所述,烟尘FU的浓度变得越浓,越过剩地产生烟尘FU,粉末材料P所吸收的能量越过剩,因此,意味着熔池MP内的温度过高。因此,运算部56以降低能量密度ED的值的方式生成变更信息。

[0389] 对检测部54利用使用图7说明的方法求出烟尘FU的范围来作为烟尘FU的状态的情况进行说明。在该情况下,第一基准范围为用于将功率密度PD、能量密度ED以及温度分布T(r)的至少一个保持为期望的范围的烟尘FU的范围。该烟尘FU的范围(第一基准范围)例如与上述的步骤S53同样地,基于用户的各种试验、仿真等结果来设定。判断部57在烟尘FU的范围、即温度图像上的面积很大的情况下判断为不满足第一基准范围。如上所述,烟尘FU的范围很大是指,烟尘FU的产生量变多,粉末材料P所吸收的能量过剩,熔池MP内的温度过高。因此,运算部56以降低能量密度ED的值的方式生成变更信息。

[0390] 此外,在上述图10、图11、图12示出的流程图的步骤S35、S36、S45、S46、S55以及S56中,运算部56针对设为改变或者不改变参数P_L、P_0、v中的哪个参数,根据用户对三维造型物的造型的要求而不同。例如,在用户期望想要避免造型时间延长的情况下,能够以不使激光的扫描速度下降的方式设置,在上述步骤S36、S46、S56中,运算部56能够设为使参数P_L的值变更、且不使参数v的值变更的方式。作为一例,在能量密度ED比期望的范围低的情况下,运算部56不变更参数v的值,运算部56以使参数P_L的值增加的的方式生成变更信息。在该情况下,造型时间被维持,但通过激光的照射而熔融的粉末材料P的凝固的过程中的温度变化变大,因此,固化层的残留应力变大,所造型的三维造型物的品质有可能下降。

[0391] 另一方面,在用户期望想要避免所造型的三维造型物的品质下降的情况下,能够设为不增加激光的输出,在上述步骤S36、S46、S56中,运算部56设为使参数v的值变更、且不使参数P_L的值变更。作为一例,在能量密度ED比期望的范围低的情况下,运算部56以不使参数P_L的值增加、且使参数v的值减少的的方式生成变更信息。在该情况下,基于温度变化的固化层的残留应力不增加,所造型的三维造型物的品质被维持,但造型时间有可能增加。

[0392] 如上所述,为了将能量密度ED维持在期望的范围内而能够变更的参数的种类有多个,因此,可以基于用户的指示,来决定利用运算部56变更的参数。在该情况下,运算部56为了决定变更的参数,将用于受理用户的规定的指定信息(以下称为指定对象信息)向用户报知。例如,运算部56也可以为了将能量密度ED维持在期望的范围而将能够变更的参数(作为一例,为参数v和参数P_L)作为指定对象信息,显示于构成为可与运算部56通信的液晶显示器等未图示的显示装置。然后,用户利用鼠标等未图示的指定装置,指定显示于显示装置的参数(作为一例,指定参数v)。运算部56以将能量密度ED维持为期望的范围的方式,生成改变通过用户指定的参数(作为一例,为参数v)的值的变更信息。

[0393] 此外,为了便于说明,基于图10～图12示出的流程图,例示了将参数v和参数P_L这两种参数作为指定对象信息并显示于未图示的显示装置的情况,但作为指定对象信息而显

示于显示装置的参数不限于参数v和参数P_L这两种参数。例如,运算部56也可以将与参数v和参数P_L不同的其他上述参数P_0、η、d、Δy、Δz、ρ、k、r、x、α、T_0中的、为了将基本条件、详细条件(后述)维持在期望的范围而能够变更的多个参数作为指定对象信息而显示于显示装置。当所显示的该多个参数中的至少一个由用户指定时,运算部56以使基本条件、详细条件(后述)维持在期望的范围内的方式,生成改变由用户指定的参数的值的变更信息。

[0394] 另外,运算部56显示于未图示的显示装置的指定对象信息不限于参数。例如,运算部56也可以将为了将上述的各造型条件中的、基本条件、详细条件(后述)维持在期望的范围而能够变更的多个造型条件作为指定对象信息而显示于显示装置。

[0395] 另外,由于根据变更的参数、造型条件会对三维造型物的造型时间、品质产生影响,所以不限于以上述方式由用户指定变更的参数、造型条件,也可以设为由用户在重视(维持)三维造型物的造型时间、和重视(维持)三维造型物的品质中做选择。在该情况下,作为一例,运算部56将与时间重视和品质重视各自有关的项目作为指定对象信息而显示于未图示的显示装置。用户使用鼠标等未图示的指定装置,指定与显示于显示装置的时间重视和品质重视各自有关的项目的一方。运算部56以将基本条件、详细条件(后述)维持在期望的范围内的方式,生成改变与由用户指定的项目对应的参数、造型条件的值的变更信息。例如,在能量密度ED比期望的范围低的情况下,若用户指定与时间重视有关的项目,则运算部56以不改变参数v的值、且使参数P_L的值变更的方式生成变更信息。另一方面,若用户指定与品质重视有关的项目,则运算部56以不改变参数P_L的值、且使参数v的值变更的方式生成变更信息。

[0396] 此外,除了时间重视、品质重视以外,还可以将重视造型时间和品质的平衡的关于平衡重视的项目、与时间重视和品质重视的项目的至少一个项目一并作为指定对象信息而显示在未图示的显示装置上。例如,在能量密度ED比期望的范围低的情况下,若用户指定与平衡重视有关的项目,则运算部56以改变参数v和参数P_L的值这两方的方式生成变更信息。

[0397] 此外,与时间重视、品质重视、平衡重视有关的各个项目的显示装置中的显示形态只要能够由用户识别即可,可以采用文字例、图标等现有的任何形态。

[0398] 此外,未图示的显示装置也可以不为液晶显示器,也可以为有机EL显示器、头戴式显示器等现有的显示头设备。另外,未图示的指定装置也可以不为鼠标,也可以为触控面板等现有的头设备。

[0399] 此外,将指定对象信息向用户报知的方法不限于显示装置的显示。例如,可以使用未图示的扬声器和麦克风,运算部56以扬声器(声音)将指定对象信息向用户报知,并以麦克风(声音)接受来自用户的指定,也可以采用其他现有的方法。

[0400] 另外,在步骤S35、S36、S45、S46、S55以及S56中,除了上述参数PL、P0、v以外,运算部56还可以生成对能量密度ED有影响并且能够实时变更时变更的造型条件的变更信息。例如,运算部56也可以针对照射部32的激光的振荡模式、激光的强度分布、激光的光斑尺寸、基于扫描部33的激光扫描路径、扫描间距,生成变更信息。

[0401] 接着,对在进行下一层造型时变更的情况下的处理的具体例中的一例进行说明。在以下的说明中,对检测部54作为检测对象区域的状态而分成求出熔融的状态的情况以及求出飞溅物SP的状态的情况进行说明。

[0402] 首先,作为下一层造型时变更时的处理,举出了以下的情况。检测部54在固化层的

造型过程中,作为熔融的状态而求出与熔池MP和其附近的温度有关的信息。运算部56基于在固化层的造型中利用检测部54求出的与温度有关的信息,以将在该固化层的上部新造型固化层时的能量密度ED的值保持为期望的范围的方式生成变更信息。此外,运算部56不限于以将能量密度ED的值保持为期望的范围的方式生成变更信息,也可以以将功率密度PD的值、能量密度ED的值以及温度分布T(r)的值中的至少一个保持为期望的范围的方式生成变更信息。

[0403] 图13、图14示出的流程图的各处理存储于运算装置50的存储部58,通过运算装置50读出并执行。

[0404] 在步骤S61中,造型控制部52利用所设定的造型条件使造型部30进行固化层的造型。运算装置50在进行固化层的造型过程中,使摄像装置41例如每隔规定的时间间隔或每当通过扫描部33在XY平面上将激光仅扫描规定的距离时,进行材料层的表面的检测对象区域的摄像。检测部54每当被输出来自摄像装置41的图像数据时生成温度图像数据,针对所生成的每个温度图像数据,求出与熔池MP和其附近的温度有关的信息,并存储于存储部58。在图13、图14的流程图示出的具体例中,举出了作为与熔池MP和其附近的温度有关的信息,检测部54求出熔池MP的平均温度的例子。检测部54求出温度图像数据中的第1规定温度以上的高温区域来作为与熔池MP对应的图像上的区域,求出图像上的高温区域内的任意点的温度,并算出所求出的温度的平均值,由此求出熔池MP的平均温度。

[0405] 此外,检测部54也可以在对固化层进行造型时进行温度图像数据的生成以及向存储部58的存储,在一层固化层的造型结束之后,从存储于存储部58的多个温度图像数据分别求出熔池MP的平均温度。

[0406] 在步骤S62中,运算装置50判断一层固化层的造型是否结束。在一层固化层的造型结束的情况下,运算装置50对步骤S62进行肯定判断,处理前进至步骤S63。在一层固化层的造型没有结束的情况下,运算装置50对步骤S62进行否定判断,处理返回至步骤S61。

[0407] 在步骤S63中,判断部57判断由检测部54求出的熔池MP的温度分布、即熔池MP的平均温度是否满足事先决定的第二基准范围。第二基准范围为用于将能量密度ED保持为期望的范围的熔池MP的平均温度的范围。该第二基准范围(熔池MP的平均温度的范围)例如基于通过用户的各种试验、仿真等结果求出的熔池MP的平均温度与能量密度ED的相关关系来设定。第二基准范围事先存储于存储部58,判断部57读出该第二基准范围,并用于步骤S63、后述的步骤S65的判断处理。在判断部57判断为熔池MP的平均温度不满足第二基准范围的情况下,处理前进至步骤S64,在判断部57判断为熔池MP的平均温度满足第二基准范围的情况下,处理前进至后述的步骤S71。换言之,判断部57在步骤S63中,判断是否需要生成变更信息。

[0408] 此外,上述第二基准范围不限于能量密度ED,也可以以将功率密度PD、温度分布T(r)保持为期望的范围的方式设定。另外,作为第二基准范围的平均温度的范围也可以为从所使用的粉末材料P的熔点与液相线温度之间的温度到熔点与固相线温度之间的温度范围。

[0409] 在步骤S64中,判断部57判断由检测部54求出的熔池MP的平均温度是否满足第三基准范围。第三基准范围为在改变了造型条件的情况下用于将能量密度ED保持为期望的范围的熔池MP的平均温度的范围。第三基准范围的最大值比第二基准范围的最大值大,第三

基准范围的最小值比第二基准范围的最小值小。此外,第三基准范围可以为最大值附近的值与最小值附近的值之间的范围。在熔池MP的平均温度满足第三基准范围的情况下,即,在判断部57判断为利用造型条件的变更而将能量密度ED保持为期望的范围(即,能够抑制造型不良的产生)的情况下,处理前进至步骤S65。在熔池MP的平均温度不满足第三基准范围的情况下,即,在通过判断部57判断为通过造型条件的变更没有将能量密度ED保持为期望的范围(即,无法抑制造型不良的产生)的情况下,处理前进至后述的步骤S68。

[0410] 此外,上述第三基准范围在改变了造型条件的情况下,不限于能量密度ED,也可以以将功率密度PD、温度分布T(r)保持为期望的范围的方式来设定。另外,作为第三基准范围的平均温度的范围可以为从所使用的粉末材料P的熔点与液相线温度之间的温度到熔点与固相线温度之间的温度范围。此外,第三基准范围事先存储于存储部58。

[0411] 在步骤S65中,判断部57判断熔池MP的平均温度是比第二基准范围高、还是比第二基准范围低。在熔池MP的平均温度比第二基准范围高的情况下,即,在粉末材料P所吸收的能量的能量密度ED虽然过剩,但通过判断部57判断为能够利用造型条件的变更而将能量密度ED的值设为期望的范围的情况下,处理前进至步骤S66。在熔池MP的平均温度比第二基准范围低的情况下,即,在粉末材料P所吸收的能量的能量密度ED虽然不足,但通过判断部57判断为能够利用造型条件的变更将能量密度ED的值设为期望的范围的情况下,处理前进至步骤S67。

[0412] 在步骤S66中,运算部56为了将能量密度ED的值包含于期望的范围,以降低能量密度ED的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。降低能量密度ED的值的理由如下所示。熔池MP的平均温度比第二基准范围大是指,向熔池MP的热量比预计以当前设定的造型条件可得到的热量多,熔池MP的温度过高。因此,推定为粉末材料P所吸收的能量的能量密度ED过剩。

[0413] 为了降低能量密度ED的值,使向粉末材料P施加的热量下降,可考虑通过降低来自照射部32的激光的输出使粉末材料P接收的能量减少。另外,还可以考虑通过使非活性气体的流量增加以及流速上升以对材料层的表面进行降温,来降低粉末材料P的温度,来使基于激光的照射的粉末材料P的温度上升至期望的温度(例如熔点)所需的热量变多。

[0414] 另外,由于在激光照射粉末材料P之前的温度比设想的温度高,所以有可能粉末材料P的温度上升至期望的温度所需的热量变少。在该情况下,可考虑通过降低底板311的温度,降低在照射激光之前的粉末材料P的温度、或者增加到在固化层上形成材料层为止的时间、利用非活性气体使固化层冷却的至少一个,由此,使得所造型的固化层向粉末材料P传递的热量的影响变少。而且,也可以考虑使形成在固化层上的材料层的Z方向上的厚度很薄,因此,使得固化层的热量变得易于向材料层的上部(Z方向+侧)传递。在这种情况下,可考虑通过增厚材料层的厚度(即,增大层叠厚度)来提高热容量,使已经造型的固化层的热量难以传递到材料层的上部。

[0415] 另外,在扫描激光时的扫描距离很长,因此,材料层通过激光的照射被加热的时间变长,由此,有温度上升的可能性。因此,可考虑通过以使扫描激光时的扫描距离变短的方式设定扫描路径,来缩短将材料层暴露于激光的照射并接受热量的影响的时间。另外,还可以考虑通过提高基于扫描部33的激光的扫描速度,缩短激光照射材料层上的同一位置的时间,使每单位时间粉末材料P所吸收的能量的量变少。另外,由于激光的光斑尺寸小而将热

量集中于材料层的窄范围,可能会使每单位面积的材料层的能量的量变大,所以也可以考虑增大光斑尺寸,来抑制通过激光产生的热量集中于材料层的窄范围。

[0416] 另外,由于扫描间距很小,所以基于从已经凝固的凝固区域BE向熔池MP传递的热量的影响可能很大,因此,还可以考虑扩大扫描间距,来抑制基于从已经凝固的凝固区域BE传递来的热量的影响。另外,由于在材料层的密度高的情况下通过激光的照射产生的热量可能易于在材料层内传递,所以还可以考虑通过降低由叶片221对粉末材料P施加的压力来降低密度,由此使热量难以在材料层传递。

[0417] 根据上述考虑方式,为了对下一层的固化层进行造型时的能量密度ED降至现状以下,运算部56以降低参数P_L、P_0、ρ、提升参数v、Δy、Δz中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,运算部56以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。与参数P_L相关联的造型条件的变更是指降低激光输出。与参数P_0相关联的造型条件的变更是指,使非活性气体的流量增加以及提升流速、降低加热器313的输出来降低底板311的温度、延长叶片221的待机时间、改变扫描路径的至少一个。与参数ρ相关联的造型条件的变更是指降低叶片221对材料层施加的压力。与参数v相关联的造型条件的变更是指提升扫描速度。与参数Δy相关联的造型条件的变更是指增大激光的光斑尺寸、增大扫描间距的至少一个。与参数Δz相关联的造型条件的变更是指增大层叠厚度。

[0418] 运算部56与上述的利用图10、图11、图12说明的情况同样地,参照事先存储于存储部58的、将参数的值与造型条件的值建立了关联的数据,生成变更信息。输出部55将运算部56所生成的变更信息作为状态信息,输出至设定部59(材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53的至少一个)。在材料控制部51输入了变更信息的情况下,材料控制部51使刮涂机22执行下面动作中的至少一个。该情况下的刮涂机22的动作包括在基于变更信息的新的待机时间经过后使叶片221移动、以及利用基于变更信息的新的压力使叶片221移动。在造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52使照射部32、扫描部33以及加热器313的至少一个执行下面动作中的至少一个。在该情况下的照射部32的动作包括利用基于变更信息的新的激光输出射出激光、以及将聚焦透镜323移动至基于变更信息的新的X方向上的位置。扫描部33的动作是指,以基于变更信息的新的倾斜角度或者倾斜角度的变更速度驱动电流镜331、332。加热器313的动作是指,以基于变更信息的新的加热输出进行动作。在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53使吸气装置131、排气装置14以基于变更信息的新的阀开度、排气量进行动作。此后,处理返回至步骤S61。

[0419] 在步骤S67中,运算部56为了将能量密度ED的值包含于期望的范围,以提升能量密度ED的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。提升能量密度ED值的理由如下所示。熔池MP的平均温度比第二基准范围小是指,向熔池MP传递的热量比预计利用当前设定的造型条件可得到的热量少,熔池MP的温度过低。因此,推定为粉末材料P所吸收的能量的能量密度ED不足。

[0420] 在该情况下,运算部56利用与上述的步骤S66的考虑方式相反的考虑方式以提升能量密度ED的值的方式生成变更信息。运算部56以提高参数P_L、P_0、ρ、降低参数v、Δy、Δz的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,运算部56与进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。与参数P_L相关联的造型条件的变更是指提高激光输出。与参数P_0相关联的造型条件的变更是指,减少非活性气体的流量以及使流速下降、提高加热

器313的输出来提高底板311的温度、缩短叶片221的待机时间、改变扫描路径中的至少一个。与参数ρ相关联的造型条件的变更是指,提高叶片221对材料层施加的压力。与参数v相关联的造型条件的变更是指,降低扫描速度。与参数Δy相关联的造型条件的变更是指减小激光的光斑尺寸、缩短扫描间距中的至少一个。与参数Δz相关联的造型条件的变更是指减小层叠厚度。

[0421] 运算部56与上述的利用图10、图11、图12说明的情况同样地,参照事先存储于存储部58的、将参数的值与造型条件的值建立了关联的数据来生成变更信息。输出部55将运算部56所生成的变更信息作为状态信息,输出至设定部59(材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53的至少一个)。在材料控制部51输入了变更信息的情况下,材料控制部51使刮涂机22执行下面动作中的至少一个。该情况下的刮涂机22的动作包括基于变更信息的新的待机时间经过后使叶片221移动、利用基于变更信息的新的压力使叶片221移动。在造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52使照射部32、扫描部33以及加热器313的至少一个执行下面动作中的至少一个。该情况下的照射部32的动作包括利用基于变更信息的新的激光输出射出激光、以及将聚焦透镜323移动至基于变更信息的新的X方向上的位置。扫描部33的动作是指以基于变更信息的新的倾斜角度或者倾斜角度的变更速度驱动电流镜331、332。加热器313的动作是指以基于变更信息的新的加热输出进行动作。在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53使吸气装置131、排气装置14以基于变更信息的新的阀开度、排气量进行动作。此后,处理返回至步骤S61。

[0422] 此外,在步骤S66和S67中,运算部56也可以生成新的造型条件的值与当前的造型条件的值之差的值来作为变更信息。

[0423] 在图14示出的步骤S68中,判断部57判断熔池MP的平均温度是否满足第四基准范围。第四基准范围为通过对所造型的固化层进行规定的修复而能够将能量密度ED保持为期望的范围的熔池MP的平均温度的范围。换言之,判断部57在步骤S68中判断是否需要修复固化层。第四基准范围的最大值为比第三基准范围的最大值大规定的比例的值。第四基准范围的最小值为比第三基准范围的最小值小规定的比例的值。此外,第四基准范围也可以为最大值附近值与最小值附近值之间的范围。在熔池MP的平均温度满足第四基准范围的情况下,即,在判断部57判断为通过对所造型的固化层进行修复能够将能量密度ED的值设为期望的范围的情况下,处理前进至步骤S69。在该情况下,在熔池MP的平均温度满足第三基准范围的情况下,判断部57判断需要生成变更信息,换言之,在不满足第三基准范围的情况下,判断部57判断为需要固化层的修复。

[0424] 在熔池MP的平均温度不满足第四基准范围的情况下,即,在判断部57判断为即使对所造型的固化层进行修复也无法将能量密度ED设为期望的范围的情况下,处理前进至步骤S70。

[0425] 此外,上述第四基准范围在对所造型的固化层进行修复的情况下,不限于能量密度ED,也可以设为将功率密度PD、温度分布T(r)保持为期望的范围。另外,作为第四基准范围的平均温度的范围可以为从所使用的粉末材料P的熔点与液相线温度之间的温度到熔点与固相线温度之间的温度范围。此外,第四基准范围事先存储于存储部58。

[0426] 在步骤S69中,运算部56生成用于进行修复处理的修复信息。造型装置1作为修复处理,例如进行对所造型的固化层再次照射激光而使其熔融、凝固的重熔处理。在该情况

下,运算部56基于根据温度数据图像求出的熔池MP的平均温度与第二基准范围内的任意的值(例如,中央值)的差值,生成照射部32用于照射激光的造型条件、即激光输出、光束品质、振荡模式、激光的波长、激光的偏振光状态、激光的强度分布、激光的光斑尺寸的值,来作为修复信息。此外,熔池MP的平均温度与第二基准范围内的任意的值(例如,中央值)的差值、以及照射部32用于照射激光的造型条件的值作为建立了关联的数据而事先存储于存储部58。运算部56参照该数据生成修复信息。输出部55将运算部56所生成的修复信息输出至造型控制部52。造型控制部52使照射部32基于修复信息输出激光,并执行修复处理。此后,处理返回至图13的步骤S61。

[0427] 在步骤S70中,运算装置50使此后的三维造型物的造型停止来结束处理。也可以说,在该情况下,判断部57在步骤S68中判断为熔池MP的平均温度满足第四基准范围的情况下,判断为需要固化层的修复,在熔池MP的平均温度不满足第四基准范围的情况下,判断为需要使造型停止。

[0428] 在熔池MP的平均温度满足第二基准范围的情况下前进到的步骤S71的处理与图10的步骤S38的处理相同。

[0429] 通过进行以上的处理,在对下一层的固化层进行造型的情况下,也能够确保粉末材料P熔融并凝固时的基本条件,抑制因熔融不足或者熔融过多而产生的固化层的造型不良,并且在所造型的固化层产生造型不良的情况下修复该造型不良。

[0430] 此外,在上述的图13示出的流程图的步骤S66、S67中,针对运算部56改变或者参数P_L、P_0、ρ、v、Δy、Δz中的哪个参数,根据用户对三维造型物的造型的要求而不同。例如,在用户期望想要避免造型时间延长的情况下,能够以不使激光的扫描速度下降的方式设置,在上述步骤S67中,运算部56能够不改变参数v的值。

[0431] 另外,在步骤S66、67中,运算部56除了上述的造型条件以外还可以生成对能量密度ED存在影响且在下一层造型时变更时可变更的造型条件的变更信息。例如,运算部56也可以针对照射部32的激光的振荡模式、激光的强度分布、叶片221的移动速度、粉末材料P的吸湿度生成变更信息。

[0432] 此外,上述同样地,运算部56也可以为了决定生成变更信息的参数、造型条件,将指定对象信息报知给用户,受理基于用户的指定。

[0433] 接着,作为在下一层造型时变更时的处理,举出以下的情况的例子。检测部54在固化层的造型过程中,求出与熔池MP和其附近的温度有关的信息,来作为熔融的状态。运算部56在固化层的造型中基于与由检测部54求出的温度有关的信息,以在该固化层的上部对固化层重新进行造型时的温度分布T(r)的值保持为期望的范围的方式生成变更信息。此外,运算部56不限于以将温度分布T(r)的值保持为期望的范围的方式生成变更信息,也可以以将功率密度PD的值、能量密度ED的值以及温度分布T(r)的值中的至少一个保持为期望的范围的方式生成变更信息。

[0434] 图15、图16示出的流程图的各处理存储于运算装置50的存储部58,由运算装置50读出并执行。

[0435] 步骤S81、S82的处理与图13示出的流程图的步骤S61、S62的处理相同。在此,检测部54使用上述的温度历史记录,求出材料层中的规定部位的温度的时间变化即温度梯度,来作为与熔池MP和其附近的温度有关的信息。在该情况下,检测部54通过以上述方式求出

温度历史记录,来求出材料层中的同一部位的熔融前的温度、和熔融过程中的温度。然后,检测部54基于利用了温度历史记录的检测的图像数据的时间信息,算出在从熔融前的温度变化至熔融过程中的温度时的温度的时间变化。检测部54求出该时间变化来作为温度梯度。

[0436] 另外,检测部54也可以在对固化层进行造型时进行温度图像数据的生成以及向存储部58的存储,在一层固化层的造型结束之后,从存储于存储部58的多个温度图像数据分别求出熔池MP的温度梯度。

[0437] 在步骤S83中,判断部57判断由检测部54求出的熔池MP的温度梯度是否满足事先决定的第二基准范围。第二基准范围为用于将温度分布T(r)保持为期望的范围的熔池MP的温度梯度的范围,与上述的步骤S63同样地,基于用户的各种试验、仿真等结果来设定。在判断部57判断为温度梯度不满足第二基准范围的情况下,前进至步骤S84,在判断部57判断为温度梯度满足第二基准范围的情况下前进至后述的步骤S91。换言之,判断部57在步骤S83中,判断为是否需要生成变更信息。

[0438] 此外,上述第二基准范围不限于温度分布T(r),也可以设定为将功率密度PD、能量密度ED保持为期望的范围。另外,作为第二基准范围的温度梯度的范围也可以为从所使用的粉末材料P的熔点与液相线温度之间的温度梯度到熔点与固相线温度之间的温度梯度的范围。

[0439] 在步骤S84中,判断部57判断由检测部54求出的温度梯度是否满足第三基准范围。第三基准范围在改变了造型条件的情况下用于将温度分布T(r)保持为期望的范围的熔池MP的温度梯度的范围。第三基准范围的最大值比第二基准范围的最大值大,第三基准范围的最小值比第二基准范围的最小值小。此外,第三基准范围也可以为最大值附近值与最小值附近值的范围。在温度梯度满足第三基准范围的情况下,即在判断部57判断为通过造型条件的变更将温度分布T(r)保持为期望的范围(即,能够抑制造型不良的产生)的情况下,处理前进至步骤S85。在温度梯度不满足第三基准范围的情况下,即,在判断部57判断为通过造型条件的变更没有将温度分布T(r)保持为期望的范围(即,无法抑制造型不良的产生)的情况下,处理前进至后述的步骤S88。

[0440] 此外,上述第三基准范围在改变了造型条件的情况下,不限于温度分布T(r),也可以设定为将功率密度PD、能量密度ED保持为期望的范围。另外,作为第三基准范围的温度梯度的范围也可以为从所使用的粉末材料P的熔点与液相线温度之间的温度梯度到熔点与固相线温度之间的温度梯度的范围。此外,第三基准范围事先存储于存储部58。

[0441] 在步骤S85中,判断部57判断温度梯度是比第二基准范围大(高斜率)、还是比第二基准范围小(低斜率)。在温度梯度比第二基准范围大的情况下,处理前进至步骤S86,在温度梯度比第二基准范围小的情况下,处理前进至步骤S87。

[0442] 在步骤S86中,运算部56为了将温度分布T(r)的值包含于期望的范围,以降低温度分布T(r)的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。降低温度分布T(r)的值的理由如下所示。温度梯度比第二基准范围大(高斜率)是指,流入被激光照射的粉末材料P的热量过大,因此,预测粉末材料P的温度急剧增加。或者,与在照射激光前的粉末材料P的温度低无关地,通过激光的照射向粉末材料P流入过大的热量,预测到粉末材料P的温度在短时间上升至期望的温度(例如熔点)为止。在温度梯度大的情况下,预测到流入粉末材料P的热量过

大。在这种情况下,可考虑以上述方式使熔池MP内的对流C变剧烈,而产生飞溅物SP、烟尘FU的产生等造型不良的要因。另外,可以考虑在急剧加热而造型的固化层被冷却时,产生残留应力等造型不良的要因。

[0443] 为了降低温度分布T(r)的值而使粉末材料P所吸收的热量,可考虑降低来自照射部32的激光的输出,使粉末材料P所吸收的能量减少。

[0444] 另外,如上所述,基于激光的照射的能量根据激光的波长和粉末材料P的种类不同,被粉末材料P吸收的容易度也不同。温度梯度成为高斜率是指,有可能将易于被粉末材料P的种类吸收的波长的激光用于照射,因此,可以考虑通过改变激光的波长,来使粉末材料P变得不易吸收能量。

[0445] 另外,粉末材料P被照射激光前的温度很低,因此,有可能与基于激光照射的上升后的温度之间的差变大,温度梯度变成高斜率。因此,可以考虑通过提高粉末材料P被照射激光前的温度,使温度梯度的倾斜变平坦。为了提升对粉末材料P照射激光前的温度,可考虑通过使非活性气体的流量减少以及流速下降、缩短叶片221的待机时间的至少一个,来抑制所造型的固化层被非活性气体冷却,以从固化层易于向粉末材料P传递热量。而且,也可以考虑提高底板311的温度。

[0446] 另外,也可以考虑通过提升基于扫描部33的激光的扫描速度,缩短激光照射材料层上的同一位置的时间,使粉末材料P通过激光的照射而吸收的能量减少。

[0447] 根据上述考虑方式,运算部56为了将下一层的固化层的造型时的温度分布T(r)的值降至现状以下,以降低参数P_L、η、提升参数T_0、v中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,运算部56以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。与参数P_L相关联的造型条件的变更是指降低激光输出。与参数η相关联的造型条件的变更是指,与粉末材料P的吸收率对应地变更激光波长。与参数T_0相关联的造型条件的变更是指,减少非活性气体的流量以及使流速下降,提升底板311的温度,缩短叶片221的待机时间的至少一个。与参数v相关联的造型条件的变更是指提升扫描速度。

[0448] 运算部56与利用上述的图10、图11、图12、图13说明的情况同样地,参照事先存储于存储部58的、参数的值与造型条件的值建立了关联的数据,生成变更信息。输出部55将运算部56所生成的变更信息作为状态信息,输出至设定部59(材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53的至少一个)。在材料控制部51输入了变更信息的情况下,材料控制部51使刮涂机22在基于变更信息的新的待机时间经过后移动叶片221。在造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52使照射部32、扫描部33以及加热器313的至少一个执行下面动作中的至少一个。该情况下的照射部32的动作包括以基于变更信息的新的激光输出射出激光、基于变更信息的新的波长的射出激光。扫描部33的动作是指,以基于变更信息的新的倾斜角度的变更速度驱动电流镜331、332。加热器313的动作是指,以基于变更信息的新的加热输出进行动作。在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53使吸气装置131、排气装置14以基于变更信息的新的阀开度、排气量进行动作。此后,处理返回至步骤S81。

[0449] 此外,在步骤S86中,运算部56也可以取代以降低温度分布T(r)的值的方式生成变更条件,以使底板311的温度增加的方式生成变更信息,降低温度梯度。在该情况下,运算部56也可以基于求出的温度梯度与第2基准范围内的任意的值(例如,中央值)的差,算出底板

311的加热器313的加热输出的值,并将算出的加热输出的值作为变更信息。

[0450] 在步骤S87中,运算部56为了将温度分布T(r)的值包含于期望的范围,以提高温度分布T(r)的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。提升温度分布T(r)的值的理由如下所述。即,温度梯度比第2基准范围小(低斜率)是指,由于流入被激光照射的粉末材料P的热量很少,所以预测粉末材料P的温度难以上升。或者,无论在照射激光前的粉末材料P的温度变高,通过激光的照射而流入粉末材料P的热量很少,因此,预测粉末材料P的温度到期望的温度(例如熔点)为止需要很长的时间。在温度梯度小的情况下,流入粉末材料P的热量过少,因此,有材料层成为熔融不足而产生造型不良的担忧。另外,在温度梯度很小的情况下,有作为凝固后的固化层的金属组织而得不到期望的金属组织的担忧。

[0451] 在该情况下,根据与上述的在步骤S86中的考虑方式相反的考虑方式,运算部56为了将对下一层的固化层进行造型时的温度分布T(r)的值提升至高于现状,以提高参数P_L、η、降低参数T_0、v的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,运算部56以执行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。与参数P_L相关联的造型条件的变更是指提高激光输出。与参数η相关联的造型条件的变更是指,与粉末材料P的吸收率对应地变更激光波长。与参数T_0相关联的造型条件的变更是指,使非活性气体的流量增加以及使流速上升、降低底板311的温度、延长叶片221的待机时间中的至少一个。与参数v相关联的造型条件的变更是指降低扫描速度。

[0452] 运算部56参照事先存储于存储部58的、将参数的值与造型条件的值建立了关联的数据,生成变更信息。输出部55将运算部56所生成的变更信息作为状态信息,输出至设定部59(材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53的至少一个)。在材料控制部51输入了变更信息的情况下,材料控制部51使刮涂机22在基于变更信息的新的待机时间经过后移动叶片221。在造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52使照射部32、扫描部33以及加热器313的至少一个执行执行下面动作中的至少一个。该情况下的照射部32的动作包括以基于变更信息的新的激光输出射出激光、和射出基于变更信息的具有新的波长的激光。扫描部33的动作是指,以基于变更信息的新的倾斜角度的变更速度驱动电流镜331、332。加热器313的动作是指,以基于变更信息的新的加热输出进行动作。在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53使吸气装置131、排气装置14以基于变更信息的新的阀开度、排气量进行动作。此后,处理返回至步骤S81。

[0453] 此外,在步骤S87中,运算部56取代以提升温度分布T(r)的值的方式生成变更条件,也可以以使底板311的温度下降的方式生成变更信息,增大温度梯度。在该情况下,运算部56也可以基于求出的温度梯度与第二基准范围内的任意的值(例如,中央值)的差,算出底板311的加热器313的加热输出的值,将算出的加热输出的值作为变更信息。

[0454] 此外,在步骤S86和S87中,运算部56可以生成新的造型条件的值与当前的造型条件的值的差值,来作为变更信息。

[0455] 在图16的步骤S88中,判断部57判断为温度梯度是否满足第四基准范围。第四基准范围为通过对所造型的固化层执行规定的修复而能够将温度分布T(r)保持为期望的范围的熔池MP的温度梯度的范围。换言之,判断部57在步骤S88中判断是否需要修复固化层。第四基准范围的最大值被设定为比第三基准范围的最大值大规定的比例的值,第四基准范围的最小值被设定为比第三基准范围的最小值小规定的比例的值。第四基准范围也可以为第

四基准范围的最大值附近值与最小值附近值之间的范围。在温度梯度满足第四基准范围的情况下,即,在判断部57判断为通过对所造型的固化层进行修复而能够将温度分布T(r)的值保持为期望的范围的情况下,处理前进至步骤S89。在该情况下,可以说在熔池MP的温度梯度满足第三基准范围的情况下,判断部57判断为需要生成变更信息,在熔池MP的温度梯度不满足第三基准范围的情况下,判断部57判断为需要修复固化层。

[0456] 在温度梯度不满足第四基准范围的情况下,即,在判断部57判断为即使对所造型的固化层进行修复也无法将温度分布T(r)的值设为期望的范围的情况下,处理前进至步骤S90。

[0457] 此外,上述第四基准范围在对所造型的固化层进行修复的情况下不限于温度分布T(r),也可以被设定为将功率密度PD、能量密度ED保持为期望的范围。另外,作为第四基准范围的温度梯度的范围也可以为从所使用的粉末材料P的熔点与液相线温度之间的温度梯度到熔点与固相线温度之间的温度梯度的范围。此外,第四基准范围事先存储于存储部58。

[0458] 在步骤S89中,运算部56生成用于对所造型的固化层进行修复的修复信息。作为固化层的修复,在本实施方式的造型装置1中,通过对固化层执行热处理,缓和或者除去固化层的残留应力。作为热处理,例如存在用于通过激光的照射对固化层进行加热而使缓和或者除去固化层的残留应力的公知的激光退火处理、对固化层施加高温等静压来缓和或者除去残留应力的公知的HIP(热等静压)处理、提升底板311的温度对固化层进行加热的处理、利用加热器等外部热源对固化层进行加热的处理。在作为热处理而进行激光退火处理的情况下,运算部56基于由检测部54求出的温度梯度与第二基准范围内的任意的值(例如,中央值)的差,生成用于使照射部32照射激光的造型条件、即激光输出、光束品质、振荡模式、激光的波长、激光的偏振光状态、激光的强度分布、激光的光斑尺寸的值,来作为修复信息。此外,将温度梯度与第二基准范围内的任意的值(例如,中央值)的差值、和与在进行热处理时的照射部32有关的造型条件的值建立关联而事先存储于存储部58,运算部56参照该存储器并生成修复信息。输出部55将通过运算部56生成的修复信息输出至造型控制部52。造型控制部52基于修复信息使照射部32输出激光,执行修复处理。此后,处理返回至步骤S81。

[0459] 在步骤S90中,运算装置50使此后的三维造型物的造型停止并结束处理。在该情况下,可以说判断部57在步骤S88中在熔池MP的平均温度满足第四基准范围的情况下判断为需要对固化层进行修复,在熔池MP的平均温度不满足第四基准范围的情况下,判断为需要造型停止。

[0460] 在熔池MP的平均温度满足第二基准范围的情况下前进至的步骤S91的处理与图10的步骤S38的处理相同。

[0461] 通过进行以上的处理,抑制在所造型的固化层产生造型不良,并且在所造型的固化层的内部产生了残留应力等的情况下能够缓和残留应力,因此,抑制在所造型的三维造型物产生变形而产生形状异常等的造型不良。

[0462] 此外,在上述的图15示出的流程图的步骤S86、87中,针对运算部56改变或者不改变参数P_L、η、T_0、v中的哪个参数,能够根据用户对三维造型物的造型的要求而不同。例如,在用户期望想要避免造型时间延长的情况下,以不使激光的扫描速度下降的方式,在上述步骤S87中,运算部56能够设为不改变参数v的值。

[0463] 另外,在步骤S86、87中,运算部56除了上述的造型条件以外,也可以生成对温度分

布T(r)的值存在影响且在下一层造型时变更时可变更的造型条件的变更信息。例如,运算部56也可以针对照射部32的激光的振荡模式、激光的强度分布、激光的光斑尺寸、基于扫描部33的扫描间距、扫描路径、框体10内的温度、叶片221的移动速度、对粉末材料P施加的压力、粉末材料P的吸湿度,生成变更信息。

[0464] 此外,与上述同样地,运算部56为了决定生成变更信息的参数、造型条件,可以将指定对象信息报知至用户,受理用户的指定。

[0465] 另外,在图13、图15的流程图的步骤S61、S81中,检测部54也可以根据温度图像数据,作为熔池MP的温度分布而求出熔池MP的最高温度、熔池MP的最低温度、熔池MP的最高温度与最低温度的差、熔池MP的任意的温度的等温线的直径、锁孔KH的直径,来作为与熔池MP和其附近的温度有关的信息。

[0466] 在该情况下,作为第二、第三以及第四基准范围,也可以设定为用于将功率密度PD、能量密度ED以及温度分布T(r)的至少一个保持为期望的范围的熔池MP的最高温度、熔池MP的最低温度、熔池MP的最高温度与最低温度的差、熔池MP的任意的温度的等温线的直径、锁孔KH的直径(短轴的长度)的范围。另外,熔池MP的最高温度与最低温度的差通过计算算出的熔池MP的最高温度与最低温度的差而得到。

[0467] 此外,在上述的图13～图16示出的下一层造型时变更的处理中,运算装置50也可以不使三维造型物造型停止。即,运算装置50也可以不进行图14的步骤S68、S70以及图16的步骤S88、S90的处理。在该情况下,在图13的步骤S64中在熔池MP的平均温度不满足第三基准范围时,判断部57判断为需要生成修复信息,处理前进至图14的步骤69。在图15的步骤S84中,在温度梯度不满足第三基准范围的情况下,判断部57判断为需要生成修复信息,处理前进至图16的步骤89。换言之,判断部57在由检测部54求出的检测对象区域的状态满足第三基准范围的情况下判断为需要生成变更信息,在判断为检测对象区域的状态不满足第三基准范围的情况下判断为需要修复固化层。

[0468] 在以上的说明中,以实时变更、下一层造型时变更的情况为例进行了说明,但本实施方式的造型装置1如上所述,在层叠固化层并使三维造型物的造型结束,在开始下一个三维造型物的造型时改变造型条件的下一造型物造型情况下也进行变更。在该情况下,判断部57基于从开始造型三维造型物到结束造型为止由检测部54求出的检测对象区域的状态,判断是否需要用于对下一个三维造型物进行造型的造型条件的变更。在该情况下,判断部57与图10的步骤S34、图11的步骤S44、图12的步骤S54、图13的步骤S65、图15的步骤S85同样地,判断检测对象区域的状态是否满足事先决定的第一或者第二基准范围。在判断部57判断为检测对象区域的状态不满足第一或者第二基准范围的情况下,基于求出的检测对象区域的状态与第一或者第二基准范围内的任意的值(例如,中央值)的差,由运算部56生成用于改变造型条件的变更信息。

[0469] 在检测对象区域的状态满足第一或者第二基准范围的情况下,不进行基于运算部56的变更信息的生成,而是根据需要进行后处理。在此,后处理包括将对与例如所造型的三维造型物一并造型的三维造型物进行支承的支承部除去的处理等。为了除去支承部,造型装置1能够具备例如由铣削头等构成的切削部(未图示)。

[0470] 在利用下一造型物造型时变更有可能在新造型的三维造型物产生造型不良等的情况下,事先设定抑制造型不良等的产生这种造型条件。

[0471] 此外,对被造型的固化层进行修复可以在实时变更、下一造型物造型时变更的情况下进行。例如,在实时变更的情况下,判断部57在检测对象区域的状态不满足第一基准范围的情况下,虽然不到设置用于判断造型停止的基准范围(图14、图16中的第四基准范围)的程度,但在判断为与第一基准范围相距的差很大的情况下,判断为需要生成修复信息。即,在图10的步骤S33、图11的步骤S43、图12的步骤S53中,在由检测部54求出的检测对象区域的状态判断为不满足第一基准范围的情况下,判断部57进行以下的判断处理。判断部57在由检测部54求出的检测对象区域的状态满足比第一基准范围的最大值和最小值的范围宽的基准范围(例如,图13、图15中的第三基准范围)的情况下,判断为需要生成变更信息,处理前进至图10的步骤S34、图11的步骤S44、图12的步骤S54。判断部57在检测对象区域的状态不满足上述基准范围的情况下判断为需要对固化层进行修复,例如,进行与图14的步骤S69、图16的步骤S89相同的处理。在该情况下,对固化层进行的修复只要在造型中的固化层、造型中的固化层的造型结束后相对于该固化层进行即可。

[0472] 当然,在实时变更的情况下,也可以与下一层造型时变更的情况同样地,设置第四基准范围,使判断部57判断是否造型停止。判断部57在图10的步骤S33、图11的步骤S43、图12的步骤S53中,若判断为检测对象区域的状态不满足第一基准范围,则判断检测对象区域的状态是否满足第三基准范围。在判断部57判断为检测对象区域的状态满足第三基准范围的情况下,处理前进至图10的步骤S34、图11的步骤S44、图12的步骤S54。在在判断部57判断为检测对象区域的状态不满足第三基准范围的情况下,判断部57基于第四基准范围判断是否需要将造型停止。以后的处理进行与图14的步骤S68～S70、图16的步骤S88～步骤S90同样的处理。换言之,判断部57在检测对象区域的状态满足第四基准范围的情况下判断为需要对固化层进行修复,在检测对象区域的状态不满足第四基准范围的情况下,判断为需要造型停止。

[0473] 另外,在下一造型物造型时变更的情况下,在进行修复的部位位于三维造型物的轮廓的情况下,能够进行修复。当判断部57判断为检测对象区域的状态不满足第一或者第二基准范围时,判断部57在满足比第一或者第二基准范围宽的基准范围(例如,图13、图15中的第三基准范围)的情况下判断为需要生成变更信息。在该情况下,与上述的情况同样地,运算部56生成用于改变造型条件的变更信息。判断部57也可以在检测对象区域的状态不满足上述基准范围的情况下判断为需要修复,运算部56基于求出的检测对象区域的状态与第一或者第二基准范围内的任意的值(例如,中央值)的差,生成修复信息。

[0474] 当然,在下一造型物造型时变更的情况下,也与下一层造型时变更的情况同样地,可以设置第四基准范围,由判断部57判断是否造型停止。当判断部57判断为检测对象区域的状态不满足第一或者第二基准范围时,判断检测对象区域的状态是否满足第三基准范围。在检测对象区域的状态满足第三基准范围的情况下,判断部57判断是否需要生成变更信息。在检测对象区域的状态不满足第三基准范围的情况下,判断部57使用上述的第四基准范围,判断是否需要修复或者造型停止。即,在检测对象区域的状态满足第四基准范围时,判断部57判断为需要上述的修复,在检测对象区域的状态不满足第四基准范围时,只要判断下一个三维造型物的造型的停止即可。

[0475] 根据上述的第一实施方式,得到下面的作用效果。

[0476] (1)从通过激光的照射对粉末材料P进行加热而造型的固化层对三维造型物进行

造型的造型装置1所具有的运算装置50具备检测部54和输出部55。检测部54求出包括通过由激光的照射进行加热使粉末材料P熔融的熔池MP在内的规定区域的至少一部分的检测对象区域的状态,输出部55输出基于由检测部54求出的状态的状态信息。由此,能够推定为有无从在造型固化层时的粉末材料P的状态而对造型过程中的三维造型物产生造型不良等的可能性。在使求出的状态反映于三维造型物的造型的情况下,能够抑制在三维造型物产生的造型不良等。

[0477] (2)检测对象区域的状态包括通过激光的照射加热前的粉末材料P的状态。由此,求出激光的照射前后的粉末材料P的状态,能够检测基于激光的照射的材料层的温度变化的状态,因此,能够详细推定有无在造型中的三维造型物产生造型不良等的可能性等。

[0478] (3)检测对象区域的状态包括检测对象区域中的熔融的状态、通过加热而产生的飞溅物PS的状态、和通过加热而产生的烟尘FU的状态的至少一个状态。由此,由于能够检测基于激光的照射的粉末材料P的熔融的进行状态,所以能够详细推定有无在造型中的三维造型物产生造型不良等的可能性等。

[0479] (4)检测对象区域中的熔融的状态包括与熔池MP和熔池MP附近的至少一部分的温度有关的信息,飞溅物SP的状态包括飞溅物SP的飞散方向、飞散量、飞散速度的至少一个信息,烟尘FU的状态包括烟尘的浓度和范围的至少一个信息。由此,由于能够检测通过激光的照射而流入粉末材料P的热量等,所以能够推定有无在造型中的三维造型物产生造型不良等的可能性、以及在产生造型不良等情况下的要因等。

[0480] (5)检测部54基于针对拍摄检测对象区域的图像数据所包含的不同波长的每个波长的亮度信息,求出与熔池MP和熔池MP附近的至少一部分的温度有关的信息、飞溅物SP的飞散方向、飞散量和飞散速度的至少一个信息、烟尘的浓度和范围的至少一个信息中的、至少一个信息。由此,不依赖于在材料层产生的熔池MP附近的状况地拍摄检测对象区域的状态,因此,能够准确地求出粉末材料P的状态,提高通过激光的照射而流入粉末材料P的热量等检测精度。

[0481] (6)运算部56基于由检测部54求出的检测对象区域中的状态,生成用于改变为了造型三维造型物所使用的造型条件的变更信息,输出部55将所生成的变更信息作为状态信息并输出。由此,基于粉末材料P的熔融的状态,以能够抑制三维造型物的造型不良等产生的方式,能够改变造型条件。

[0482] (7)运算部56在对粉末材料P进行加热对固化层进行造型时,生成用于改变针对未熔融的粉末材料P的造型条件的变更信息。由此,通过相对于造型中的固化层改变造型条件,抑制在造型中的固化层产生造型不良等。

[0483] (8)运算部56生成用于改变针对供给至固化层的上部的新的粉末材料P或者供给至固化层的上部的新的粉末材料P的造型条件的变更信息。由此,在有在新造型的固化层产生造型不良等的可能性的情况下,能够事先设定抑制造型不良等产生的这种造型条件。

[0484] (9)运算部56在三维造型物的造型结束后,生成用于改变针对重新造型的三维造型物的造型条件的变更信息。由此,在有重新造型的三维造型物产生造型不良等的可能性的情况下,能够事先设定抑制造型不良等产生的造型条件。

[0485] (10)运算部56为了加热粉末材料P,将粉末材料P照射的激光的条件作为造型条件,生成变更信息。由此,控制流入至粉末材料P的热量,能够实现在抑制造型不良等产生的

状态下的固化层的造型。

[0486] (11)运算部56为了加热粉末材料P,将用于扫描激光的扫描条件作为造型条件,生成变更信息。由此,控制流入粉末材料P的热量,能够进行在抑制造型不良等产生的状态下的固化层的造型。

[0487] (12)运算部56将与收容固化层的框体10的内部的环境气体相关联的条件作为造型条件,生成变更信息。由此,通过控制进行造型的环境来控制流入粉末材料P的热量,能够进行在抑制造型不良等产生的状态下的固化像的造型。

[0488] (13)运算部56以叶片221从粉末材料P形成材料层的材料层形成条件作为造型条件,来生成变更信息。由此,以能够控制流入粉末材料P的热量的方式形成材料层,因此,能够进行在抑制造型不良等产生的状态下的固化层的造型。

[0489] (14)运算部56以与对粉末材料P以及固化层进行支承的作为支承部的底板311相关联的支承部条件作为造型条件,生成变更信息。由此,控制流入粉末材料P的热量,能够实现在抑制造型不良等产生的状态下的固化层的造型。

[0490] (15)运算部56将与固化层或者三维造型物的形状相关联的设计数据作为造型条件,生成变更信息。由此,使用设计数据,以控制流入粉末材料P的热量的方式创建切片模型数据等,因此,能够进行在抑制造型不良等产生的状态下的固化层的造型。

[0491] (16)运算部56将与粉末材料P相关联的条件作为造型条件,生成变更信息。由此,能够使用能够控制流入粉末材料P的热量的粉末材料P来形成材料层,因此,能够进行在抑制造型不良等产生的状态下的固化层的造型。

[0492] (17)判断部57基于由检测部54求出的检测对象区域中的状态,判断是否需要对固化层进行修复。由此,由于看起来造型不良的部位在三维造型物的造型过程中被修复,所以能够进行抑制了造型不良等产生的高品质的三维造型物的造型。

[0493] (18)判断部57基于由检测部54求出的检测对象区域中的状态,判断是否需要生成用于对三维造型物进行造型的变更信息。由此,在三维造型物的造型中有可能产生造型不良等的情况下,能够进行造型条件的变更。其结果为,能够进行抑制了造型不良等产生的高品质的三维造型物的造型。

[0494] (19)判断部57在由检测部54求出的检测对象区域中的状态满足第三基准范围的情况下判断需要生成用于对三维造型物进行造型的变更信息,在由检测部54求出的检测对象区域中的状态不满足第三基准范围的情况下判断需要对固化层进行修复。由此,根据通过激光的照射而产生的熔融的状态,能够选择适于抑制造型不良等产生的处理。

[0495] (20)判断部57在由检测部54求出的检测对象区域中的状态满足第四基准范围的情况下判断为需要对固化层进行修复,在不满足检测对象区域中的第四基准范围的情况下,判断为需要使三维造型物的造型停止。由此,由于即使继续造型也能够将存在造型不良的三维造型物的造型停止,所以抑制浪费粉末材料P、作业时间。

[0496] (21)当通过判断部57判断为需要固化层的修复时,运算部56生成用于通过使固化层再次熔融的修复处理(例如,重熔处理)来进行修复的修复信息。由此,通过再次对所造型的固化层重新造型,能够实现抑制了造型不良等产生的高品质的三维造型物的造型。

[0497] (22)当通过判断部57判断为需要固化层的修复时,运算部56生成用于对固化层施加热处理来进行修复的修复信息。由此,由于能够相对于所造型的固化层进行用于使残留

应力等缓和的处理,所以能够对抑制了造型不良等产生的高品质的三维造型物进行造型。

[0498] 能够以下述方式对上述的第一实施方式进行变形。

[0499] (1)在上述的第一实施方式中,检测部54、运算部56、判断部57进行将由功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r)构成的基本条件的至少一个保持为期望的范围的处理,但也可以在上述基本条件的基础上、或者取代基本条件,以满足适合用户要求的生产性、品质的详细的条件的方式进行处理。在此,作为详细的条件,以造型率BR、缺陷率DR、残留应力RS、温度梯度G、凝固速度R为例。以下,将造型率BR、缺陷率DR、残留应力RS、温度梯度G、凝固速度R称为详细条件。

[0500] 造型率BR为每单位时间照射激光的粉末材料P的量,利用以下的(4)式来表达。造型率BR越大,每单位时间照射激光的粉末材料P的量变得越多,因此,缩短为了对固化层进行造型所需的时间,能够提高作业效率。

[0501] $BR=v\times\Delta y\times\Delta z\cdots(4)$

[0502] 缺陷率DR表示在固化层的内部产生的缺陷的产生状态。如上所述,在熔池MP的内部,产生因基于熔池MP的表面与内部的温度差的表面张力的差引起的对流C,若该对流C变大则会产生晃动,产生气体的卷入等,若在该状态下凝固则成为内部缺陷。另外,从熔池MP飞散而凝固的飞溅物SP妨碍基于叶片221的材料层的形成,有可能产生在材料层内部没有填充有粉末材料P的空隙等。这种空隙成为在对固化层进行造型时的内部缺陷的原因。因此,通过将熔池MP的流体举动、即,对流C、熔池MP的凝固过程保持为期望的范围,能够将因熔池MP的对流C、凝固过程引起的缺陷率DR抑制在能够容许的范围。

[0503] 残留应力RS表示到通过照射激光熔融的粉末材料P凝固在材料层为止的温度变化的历史记录。通过参照该温度变化的历史记录,熔融的粉末材料P凝固,由此能够掌握在固化层残留的残留应力的状态。温度的历史记录通过使用由检测部54生成的多个温度图像数据获取。

[0504] 温度梯度G和凝固速度R为决定凝固的固化层内部中的金属组织的状态的要素。温度梯度G为以利用以下的(5)式表达上述的(3)式的温度分布T(r)的方式以距离r进行偏微分而得到的值,表示材料层中的某一剖面的温度变化的状态。凝固速度R为以以下的(6)式表达上述的(3)式的温度分布T(r)的方式对时间t进行偏微分而得到的值,表示熔池MP如何冷却。

[0505] $$G=\partial T/\partial r\ldots(5)$$

[0506] $$R=\partial T/\partial t\ldots(6)$$

[0507] 通常已知温度梯度G和凝固速度R的积G×R的值越大则金属组织越微细,G×R的值越小则金属组织越粗大。另外,已知将温度梯度G除以凝固速度R而得到的G/R的值越大则金属组织越成为被称为柱状晶体的结晶构造,强度具有各方异性。另外,G/R的值越小则金属组织越成为被称为等轴晶体的结晶构造,具有均匀的强度。已知表达上述关系的凝固图表,通过参照该凝固图表,能够预测根据温度梯度G和凝固速度R进行造型的固化层内部的金属组织。

[0508] 检测部54、运算部56、判断部57也可以在第一实施方式中说明的实时变更、下一层造型时变更、下一造型物造型时变更的情况下,以使造型率BR、缺陷率DR、残留应力RS、温度梯度G、凝固速度R的至少一个成为用户所期望的范围的方式,进行用于上述的各种改变造

型条件的处理。例如,可以在图10的步骤S33～S36、图11的步骤S43～46、图12的步骤S53～S56、图13、图14的步骤S62～S69、或者图15、图16的步骤S81～S89的处理时应用上述详细条件的至少一个。

[0509] (2)在上述的第一实施方式以及变形例(1)中,举出了如下的例子:在运算装置50中,运算部56基于由检测部54求出的检测对象区域的状态生成变更信息,输出部55将变更信息作为状态信息并向设定部59输出。然而,造型装置1也可以具有图17示出的运算装置50。该情况下的运算装置50具有检测部54、输出部55和设定部69。设定部69具有第一实施方式中的、材料控制部51、造型控制部52、框体控制部53、运算部56、判断部57和存储部58。在该情况下,检测部54与第一实施方式的情况同样地,使用从摄像装置41输出的图像数据,求出检测对象区域的状态。输出部55将由检测部54求出的检测对象区域的状态自身的信息来作为状态信息,并向设定部69输出。设定部69的运算部56和判断部57与第一实施方式以及变形例(1)同样地,生成用于改变造型条件的变更信息。设定部69所具有的材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53中的至少一个根据所生成的变更信息,与第一实施方式以及变形例(1)同样地,控制造型装置1的各构成的动作。

[0510] 此外,图1示出的第一实施方式的运算装置50中的设定部59以外的构成、图17示出的变形例中的运算装置50中的设定部69以外的构成也可以包含在与造型装置1不同的外部的运算装置内。

[0511] (3)也可以构成为如下的检测系统,即,基于利用第一实施方式、变形例说明的造型装置1的构成的一部分,获取检测对象区域的信息,求出检测对象区域的状态。

[0512] 图18的(a)示意性示出该情况下的造型装置1以及检测系统500的要部构成的概略。造型装置1具备:图1～图3说明的、第一实施方式的造型光学部35中的获取部310;具有第一实施方式中的图1的运算装置50的检测部54、输出部55、运算部56、判断部57和存储部58的检测系统500;框体10;材料层形成部20;造型部30中的获取部310以外的构成;以及图1的运算装置50的设定部59。

[0513] 获取部310获取材料层的检测对象区域的信息。检测对象区域的信息是指,获取部310所具有的摄像装置41基于来自材料层的检测对象区域的热辐射光,与利用第一实施方式说明的情况同样地生成的图像数据。即,该图像数据包括基于来自检测对象区域的热辐射光中的不同波长(波长为λ1和λ2)的各光生成的图像数据。此外,获取部310也可以为温度计、高速摄像头。在获取部310为温度计的情况下,检测对象区域的信息为利用温度计求出的检测对象区域的温度。在获取部310为高速摄像头的情况下,检测对象区域的信息是利用高速摄像头获取的检测对象区域的彩色图像的数据。运算装置50的检测部54使用利用获取部310获取的检测对象区域的信息,与第一实施方式或变形例同样地,求出检测对象区域的状态。运算部56和判断部57与第一实施方式以及变形例(1)同样地,生成用于改变造型条件的变更信息。所生成的变更信息通过输出部55而作为状态信息从检测系统500向设定部59输出。设定部59所具有的材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53中的至少一个根据变更信息,与第一实施方式以及变形例(1)同样地,控制造型装置1的各构成的动作。此外,如图18的(a)所示,为了便于说明,将检测系统500的检测部54、输出部55、运算部56、判断部57、存储部58和设定部59综合表示为一个运算装置所具有的构成。然而,检测系统500的检测部54、输出部55、运算部56、判断部57、存储部58和设定部59也可以设于不同的运算

装置。

[0514] 此外,如图18的(b)所示,检测系统501可以具有:图1～图3说明的、第一实施方式的造型光学部35中的获取部310;图17示出的第一实施方式的变形例(2)的运算装置50的检测部54以及输出部55。在该情况下,造型装置1具备:检测系统501;图17示出的运算装置50所具有的设定部69;框体10;材料层形成部20;造型部30中的获取部310以外的构成。

[0515] 获取部310与图18的(a)的情况同样地,获取检测对象区域的信息。检测部54使用该检测对象区域的信息,与第一实施方式、变形例同样地求出检测对象区域的状态。输出部55将由检测部54求出的检测对象区域的状态自身的信息作为状态信息,从检测系统501向设定部69输出。设定部69的运算部56和判断部57与第一实施方式以及变形例同样地,生成用于改变造型条件的变更信息。设定部69所具有的材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53中的至少一个按照所生成的变更信息,与第一实施方式以及变形例同样地,控制造型装置1的各构成的动作。此外,如图18的(b)所示,为了便于说明,将检测系统501的检测部54以及输出部55和设定部69综合表示为一个运算装置所具有的构成。然而,检测系统501的检测部54以及输出部55、设定部69也可以设于不同的运算装置。

[0516] (4)第一实施方式以及变形例(1)～(3)的造型装置1也可以作为造型条件的变更,而进行实时变更、下一层造型时变更以及下一造型物造型时变更中的至少一个。

[0517] 另外,运算部56也可以取代变更信息的生成和修正信息的生成,而仅进行变更信息的生成。另外,运算部56也可以针对激光的条件、扫描条件、与框体10的内部的环境气体相关联的条件、材料层形成条件、支承部条件、设计数据、与粉末材料P相关联的条件的至少一个造型条件,生成变更信息。

[0518] (5)在实施方式以及变形例中,以造型装置1使用金属粉末来作为粉末材料P的情况为例进行了说明,但还能够使用树脂粉末、陶瓷粉末等金属粉末以外的粉末来作为粉末材料P。另外,造型装置1不限于使用粉末材料P对三维造型物进行造型的情况,也可以使用液体的材料、粉末以外的固体的材料对三维造型物进行造型。

[0519] -第二实施方式-

[0520] 参照附图,对第二实施方式的造型装置进行说明。在以下的说明中,对与第一实施方式相同的构成要素标注相同的附图标记,主要说明不同点。针对没有特别说明的点,与第一实施方式相同。在本实施方式中,与第一实施方式的不同点在于,求出材料层的状态,并基于与所求出的材料层的状态有关的信息来生成用于改变造型条件的变更信息。

[0521] 图19是示出第二实施方式的造型装置101的要部构成的一例的框图。第二实施方式的造型装置101的造型部30取代第一实施方式以及其变形例的造型光学部35而具有造型光学部36,针对其他构成,具有与第一实施方式和其变形例的造型部30所具有的构成相同的构成。第二实施方式的运算装置50A取代第一实施方式中的检测部54、输出部55、运算部56、判断部57,而具有检测部54A、输出部55A、运算部56A、判断部57A。

[0522] 如图19所示,在材料供给槽21与造型槽31之间设有载台ST。载台ST具有与XY平面平行的面。在进行用于求出后述的粉末材料P的流动性的处理时,粉末材料P通过刮涂机22而移送至载台ST上。此外,在图19示出的例子中,示出了在材料供给槽21与造型槽31之间设有载台ST的情况,但载台ST的配置不限于图示的位置。此外,在图19中,为了便于说明,将材料层形成部20和造型部30分成分开的构成来表示,但也能够将粉末材料P、材料层形成部20

和造型部30综合表示为造型部。

[0523] 造型光学部36具有照射部32、扫描部33、聚焦透镜323、和形状测定部314。详细内容如后述那样,形状测定部314为了求出所形成的材料层的状态,测定材料层的形状。形状测定部314具有投影部60和受光部70。投影部60和受光部70为了测定材料层的形状,例如使用公知的图案投影法的相移法。此外,形状测定部314为具有与该形状测定部314以外的造型部30的构成不同的功能(求出后述的、材料层的形状的功能)的构成,因此也能够表示为与造型部30分体的构成。

[0524] 图案投影法是指,使投影至测定形状的对象(在本实施方式中为材料层、粉末材料P)的光的强度分布变化并拍摄多张图像,通过处理多张图像来测定作为测定对象的三维形状。作为现有的图案投影法,例如有相移法、空间编码化法、地谱学法、多狭缝法等。在相移法中,利用具有正弦波状的强度分布的条纹图案的光(条纹图案光),从使该条纹的相位变化而拍摄到的多张(最低3张以上)的图像针对每个像素算出正弦波的相位,利用算出的相位来算出作为测定对象的三维坐标。

[0525] 此外,在本实施方式中,为了测定材料层的状态,除了图案投影法以外,还能够使用光切割法、TOF(Time of Flight:飞行时间)法、立体摄影机等现有的形状测定方法。另外,在本实施方式中,不限于对要测定的对象投影光的形状测定方法,例如,能够使用不向立体摄影机等测定的对象投影光而进行形状测定的现有的方法。立体摄影机法是通过对从不同方向拍摄测定的对象而获取的图像进行处理来测定要测定的对象的三维形状的方法。在该情况下,形状测定部314也可以不具有投影部60。

[0526] 详细内容如后述那样,投影部60作为一边使在所形成的材料层的表面具有正弦波状的强度分布的投影光的强度分布的相位变化一边进行投影的光投影部发挥功能。受光部70每当来自投影部60的投影光所具有的正弦波状的强度分布的相位变化时,接受来自材料层的表面的光,生成材料层的表面的图像数据并向运算装置50输出。所生成的图像数据为利用后述的摄像元件72对来自材料层的表面的光进行光电转换而得到的各像素的信号强度。换言之,受光部60作为获取材料层的图像数据的图像获取部发挥功能。此外,在以下的说明中,将受光部70作为能够拍摄形成于造型槽31的材料层的表面的整个区域的受光部进行说明,但也可以设为能够拍摄材料层的表面的整个区域中的一部分的区域(即,通过投影部60投影了投影光的区域)。

[0527] 以下,对造型光学部36的构成和其配置的一例进行说明。

[0528] 图20是示意性示出造型光学部36所具有的照射部32、扫描部33、聚焦透镜323、形状测定部314(即,投影部60和受光部70)的配置的一例的图。

[0529] 照射部32与第一实施方式同样地,具有:作为用于照射并加热材料层的照射光而射出激光的激光振荡器321;以及将从激光振荡器321射出的激光准直的准直镜322。在第二实施方式中,照射部32也可以取代激光,而使用现有的发光二极管(LED)、能够射出包含电子线、质子线、中性子线等现有的粒子线等在内的能量射线的器件。

[0530] 从照射部32的激光振荡器321朝向X方向+侧射出的激光透射聚焦透镜323而入射至扫描部33。聚焦透镜323具有与第一实施方式相同的凹透镜323a和凸透镜323b。扫描部33具有与第一实施方式相同的电流镜331、332,将入射的激光导向材料层的表面。

[0531] 此外,来自照射部32的激光的射出方向、激光的行进方向、扫描部33的电流镜331、

332的配置、基于电流镜331的激光的反射方向不限于图示的配置、射出方向、行进方向、反射方向,基于构成造型光学部36的各要素的配置的关系,以适当成为优选的配置、射出方向、行进方向、反射方向的方式来决定。

[0532] 投影部60具有射出投影光的投影光源61、准直镜62、图案生成部63和投影透镜64。投影光源61例如由激光发射器构成,由运算装置50控制,向X方向+侧射出激光(投影光)。此外,作为投影光源61,也可以使用LED光源、卤素灯等光源。来自投影光源61的投影光通过准直镜62而准直为平行光,入射至图案生成部63。

[0533] 此外,不限于来自投影部60的投影光的射出方向为X方向+侧,基于造型光学部36的其他构成的关系,以适当成为优选的配置、射出方向的方式来决定。

[0534] 图案生成部63例如由DMD(数字微镜装置)构成。在DMD的表面,在由Y方向(行方向)和与Y方向正交的方向(列方向)形成的平面上呈二维状排列有多个微小镜面,这些微小镜面由运算装置50控制,针对各微小镜面在ON状态(投光状态)与OFF状态(遮断状态)进行切换。在ON状态下,以对要测定形状的对象(材料层等)投影光的方式设定微小镜面的角度,在OFF状态下,以不对要测定形状的对象(材料层等)投影光的方式设定微小镜面的角度。通过如后述那样控制微小镜面,将入射至图案生成部63的投影光转换成事先设定的具有正弦波状的强度分布的光而射出。利用由图案生成部63生成的具有正弦波状的强度分布的投影光,对材料层的表面投影亮度呈正弦波状变化的条纹图案。此外,图案生成部63不限于由DMD构成的例子,也可以为LCD(液晶显示器)、LCOS(Liquid Crystal on Silicon:反射型液晶元件)。

[0535] 为了生成具有正弦波状的强度分布的投影光,图案生成部63(DMD)例如以下述方式进行控制。一行的微小镜面连续成为ON状态,以使相邻的行的微小镜面的ON时间(投光时间)的比例例如成为98.5%、OFF时间(遮断时间)的比例成为1.5%的方式,使驱动微小镜面的驱动电力在导通与关断之间进行控制。而且,以使相邻的行的微小镜面的ON时间的比例例如成为94%、OFF时间的比例成为6%的方式,使驱动微小镜面的驱动电力在导通与关断之间进行控制。像这样,通过使DMD的微小镜面的针对每行设置的ON时间和OFF时间的比例的组合沿列方向阶段性地变化,来生成具有正弦波状的强度分布的投影光,并将亮度呈正弦波状变化的条纹状的图案投影至材料层的表面。另外,当以使每行的ON时间和OFF时间的比例的组合在列方向上位移的方式控制微小镜面的每行的驱动电力时,使投影光所具有的正弦波状的强度分布的相位变化。

[0536] 此外,图案生成部63可以针对每一行在导通和关断之间控制驱动电力,也可以针对每规定数量的行在导通和关断之间控制驱动电力。

[0537] 另外,图案生成部63不限于生成具有强度呈正弦波状逐渐变化的强度分布的投影光的例子。例如,也可以以使微小镜面设为投光的规定行和将微小镜面设为遮断的规定行反复的方式控制微小镜面,设为具有明暗反复的矩形波状的强度分布的投影光。或者,图案生成部63也可以生成规则性地具有暗点(或者明点)的点状的图案的投影光。

[0538] 利用图案生成部63反射的投影光朝向形成于Z方向-侧的材料层,相对于Z轴具有规定的角度行进,由投影透镜64集光,并投影至材料层的表面。由此,将具有通过图案生成部63生成的正弦波状的强度分布的投影光投影至材料层的表面。

[0539] 受光部70为具有包括多个透镜在内的摄像光学系统71、和摄像元件72的摄像装

置。摄像元件72例如具有例如由CMOS、CCD等构成的像素、读出在像素进行光电转换而得到的图像信号的读出电路、和控制像素的驱动的控制电路等。受光部70配置为摄像光学系统71的光轴相对于Z轴具有规定的角度。来自材料层的表面的光通过摄像光学系统71而聚集至摄像元件72的摄像面上。摄像元件72对入射的光进行光电转换,生成通过投影部60投影了投影光的材料层的表面的图像数据并输出至运算装置50A。从摄像元件72输出的图像数据通过后述的运算装置50A的检测部54A而用于求出基于材料层的形状的材料层的状态。

[0540] 此外,如上所述,造型光学部36共用对材料层照射激光的构成、和拍摄材料层的状态的构成的一部分,因此,也能称为摄像光学系统。

[0541] 此外,造型光学部36的配置不限于图20示出的例子。

[0542] 造型光学部36可以具有:例如与图20示出的配置例同样配置的受光部70;以及取代图2示出的第一实施方式的造型光学部35中的、摄像装置41以及双分支光学系统42而设有投影部60的构成。即,可以以使来自照射部32的激光和来自投影部60的投影光共用聚焦透镜323和扫描部33并行进的方式,配置(同轴配置)有照射部32和投影部60。

[0543] 或者,造型光学部36也可以具有:例如与图20示出的配置例同样配置的投影部60;以及取代图2示出的第一实施方式的造型光学部35中的、摄像装置41以及双分支光学系统42而设有受光部70的构成。即,可以使来自照射部32的激光和利用材料层的表面反射的投影光共用扫描部3和聚焦透镜323并行进的方式,配置(同轴配置)有照射部32和投影部60。

[0544] 另外,在造型光学部36中,可以共用照射部32和投影部60。在照射部32具有能够照射用于表示例如用于将材料层熔融的激光的照射位置的引导光的构成的情况下,能够将该引导光作为投影光。在该情况下,造型光学部36也可以不具有图20示出的投影部60。由此,得到来自照射部32的激光和投影光共用聚焦透镜323和扫描部33并行进的配置(同轴配置)。

[0545] 通过应用以上这种同轴配置,抑制利用材料层的表面反射的投影光中的正反射成分入射至受光部70,使散射光入射至受光部70。

[0546] 受光部70在抑制利用材料层的表面进行正反射的光的影响的状态下进行摄像,并生成图像数据。因此,后述的检测部54在使用图案投影法求出材料层的表面形状时,能够使用噪声成分被减少的图像数据,因此,来提高材料层的状态的检测精度。

[0547] 或者,造型光学部36可以具有:与图20示出的配置例同样配置的投影部60;以及取代在第一实施方式中例示的图3的(a)、的(b)示出的造型光学部35中的摄像装置41和双分支光学系统42而设有受光部70的构成。而且,在该情况下,在照射部32具有能够照射引导光的构成的情况下,也可以不配置投影部60,来自照射部32的引导光经由聚焦透镜324(参照图3的(a))和扫描部33、或者经由扫描部33和fθ透镜326(参照图3的(b)),向材料层投影投影光。

[0548] 图19示出的运算装置50A取代设定部59和存储部58,具有检测部54A、输出部55A、运算部56A、判断部57A。检测部54A使用从上述的受光部70输出的多个图像数据,利用图案投影法,基于材料层的形状,求出材料层的状态。在此,为了便于说明,检测部54A包括求出由粉末材料P形成的材料层的至少一部分的区域中的状态在内,以下表现为求出材料层的状态。判断部55A基于由检测部54A求出的材料层的形状,判断是否需要生成变更信息、是否需要生成修复信息、是否需要使三维造型物造型停止。运算部56A在通过判断部55A判断为

需要变更信息的生成的情况下,基于由检测部54A求出的材料层的状态,生成在第一实施方式中例示的用于改变造型条件的变更信息。

[0549] 输出部55A将通过运算部56A生成的变更信息作为与求出的材料层的状态有关的信息并向设定部59输出。求出的与材料层的状态有关的状态信息包括由运算部56A生成的用于改变用于对三维造型物进行造型的造型条件的变更信息、以及通过检测部54A求出的材料层的状态自身的信息。以下,对第二实施方式中的检测部54A、输出部55A、运算部56A以及判断部57A进行的处理进行说明。

[0550] 此外,在本实施方式中,作为材料层的状态,包括所形成的材料层的平面度、密度、层叠厚度、表面的形状(材料层表面的各位置中的Z方向上的高度(Z坐标))、形成材料层的粉末材料P的流动性的至少一个。

[0551] 以下,对用于检测部54A求出材料层的状态的处理进行说明。

[0552] 在第二实施方式中,运算装置50A,在材料层形成时使投影光投影于投影部6。此时,运算装置50A控制投影部60的图案生成部63,设为投影光具有规定的正弦波状的强度分布。

[0553] 在此,材料层形成时是指,利用刮涂机22向底板311上或者所造型的固化层上移送粉末材料P前的状态、在底板311上或者所造型的固化层上移送粉末材料P并新形成了材料层之后的状态且开始基于照射部32的激光照射之前的状态。

[0554] 首先,对作为材料层的状态而求出材料层的层叠厚度的情况进行说明。

[0555] 投影部60在形成材料层前的状态(造型固化层的状态)或形成了材料层的状态下,一边使投影光的正弦波状的强度分布的相位变化一边投影。受光部70每当投影光的正弦波状的强度分布的相位变化时拍摄材料层、固化层的表面,输出材料层、固化层的表面的多个图像数据。

[0556] 在各图像数据间,根据材料层的表面、固化层的表面的形状,以使具有正弦波状的强度分布的条纹图案的形状变化的方式在亮度值产生差。在各图像数据中,以同一像素的亮度(亮度值)与具有正弦波状的强度分布的投影光以相同周期变化为前提,检测部54A对各像素的亮度值和在拍摄了图像数据时投影的投影光的正弦波状的强度分布进行比较,并求出各像素的相位。检测部54A通过算出相对规定的基准位置(例如,造型槽31的上端)的相位的相位差,求出与基准位置相距的距离(Z方向上的位置)。

[0557] 检测部54A使用拍摄在形成有材料层前投影的投影光而得到的多个图像数据,求出造型结束的固化层的表面的XY平面上的任意位置的形状(Z方向上的位置)。造型结束的固化层的表面的形状(Z方向上的位置)为接下来要形成的材料层的底面的形状(Z方向-侧的位置)。此外,在以下的说明中,将造型结束的固化层的表面的形状(Z方向上的位置)称为第1平面形状。

[0558] 当在固化层的上部形成有材料层时,检测部54A使用拍摄在形成有材料层之后投影的投影光而得到的多个图像数据,求出所形成的材料层的表面的XY平面上的任意的位置中的形状(Z方向上的位置)。此外,在以下的说明中,将所形成的材料层的表面的形状(Z方向上的位置)称为第2平面形状。

[0559] 检测部54A针对XY平面上的任意位置的每个位置,算出求出的第1平面形状与第2平面形状的差(即,Z方向上的位置的差),算出所形成的材料层的厚度(即,层叠厚度)。

[0560] 接着,对作为材料层的状态而求出材料层的平面度的情况进行说明。

[0561] 检测部54A使用对在形成有材料层之后投影的投影光进行拍摄而得到的多个图像数据,求出所形成的材料层的表面的形状即第2平面形状(Z方向上的位置)。检测部54A根据所求出的第2平面形状,基于最大偏差公式、最大斜率公式等,求出材料层的平面度。在利用最大偏差公式求出材料层的平面度的情况下,检测部54A提取第2平面形状(Z方向上的位置)中的、XY平面上的位置分开的不同三点在Z方向上的位置。检测部54A设定从提取出的三点通过的平面,求出该设定的平面与求出的第2平面形状(Z方向上的位置)之间的偏差的最大值来作为平面度。另外,在利用最大斜率公式求出材料层的平面度的情况下,检测部54A设定在求出的第2平面形状(Z方向上的位置)中的最小的Z方向上的位置上与XY平面平行的平面、以及求出的第2平面形状(Z方向上的位置)中的最大的Z方向上的位置中的与XY平面平行的平面。即,检测部54A以将夹持求出的第2平面形状(Z方向上的位置)的两个平面设为与XY平面平行的方式设定。检测部54A求出该两个平面与第2平面形状之间的沿Z方向的间隙的值,来作为平面度。

[0562] 另外,在作为材料层的状态而求出材料层的密度的情况下,检测部54A进行以下的处理。在能够事先求出为了形成材料层而使用的粉末材料P的重量的情况下,检测部54A将粉末材料P的重量除以以上述方式算出的层叠厚度与铺满了粉末材料P的面积(材料层的表面积)之积,来算出(检测)密度。此外,检测部54A求出的密度也可以为堆积密度、颗粒密度、密切度、表观密度。

[0563] 此外,在针对作为材料层的状态而求出粉末材料P的流动性的情况下,在后面进行详细内容说明。

[0564] 运算部56A基于由检测部54A求出的材料层的状态(即,材料层的平面度、层叠厚度、密度),在需要造型条件的变更的情况下,以将在第一实施方式中说明的、利用(1)~(3)式表示的用于熔融以及凝固的基本条件、在第一实施方式的变形例(1)中说明的详细条件的至少一个保持为期望的范围的方式,生成用于改变造型条件的变更信息。在需要造型条件的变更的情况下,如在第一实施方式中说明的那样,当利用当前设定的造型条件进行造型时,有会在三维造型物产生造型不良的情况。是否需要变更造型条件通过判断部57A来判断。判断部57A在由检测部54A求出的材料层的状态满足后述的基准范围的情况下,判断为需要变更造型条件。

[0565] 以下,对生成基于运算部56A的变更信息的处理的详细内容进行说明。此外,造型条件的变更有如下的两个情况:应用于在从检测部54A求出材料层的状态而使用的材料层对固化层进行造型时(实时变更)的情况;以及应用于在从为了求出材料层的状态而使用的材料层对固化层进行造型之后、形成新的材料层且从新的材料层对固化层进行造型时(下一层造型时变更)的情况。在实时变更的情况下,相对于所形成的材料层改变造型条件。在下一层造型时变更的情况下,与第一实施方式的情况同样地,相对于供给至所造型的固化层上的新的粉末材料P或者供给至固化层上的新的粉末材料P变更造型条件。在以下的说明中,分成实时变更的情况和下一层造型时变更的情况进行说明。

[0566] <实时变更>

[0567] 判断部57A基于由检测部54A求出的材料层的状态,判断是否需要生成变更信息。

[0568] 在材料层的层叠厚度大的情况下,材料层的Z方向上的厚度很大,利用从照射部32

照射的激光而产生的热量不易向材料层的下方(Z方向-侧)传递。其结果为,可以认为无法在材料层的整体得到粉末材料P的充分熔融。

[0569] 另外,在材料层的平面度大的情况下,所形成的材料层的Z方向上的高点与低点的差很大,因此,热量难以均匀地传递至照射有激光的材料层的内部。其结果为,有可能产生粉末材料P没有充分熔融的部位。

[0570] 另外,在密度低的情况下,在材料层的粉末材料P的粒子间包含多处空隙(空气)。因此,考虑到由金属粉末等构成的粉末材料P的粒子间的热量的传递被空隙妨碍,而无法在材料层的整体得到充分的熔融。

[0571] 根据以上的理由,在检测部54A求出材料层的平面度很大、或层叠厚度很大、或密度很低的情况下,判断部57A判断为需要生成用于改变造型条件的变更信息。在该情况下,运算部56A以下述方式生成变更信息。

[0572] 此外,在以下的说明中,举出运算部56A以将(2)式示出的能量密度ED的值保持为期望的范围的方式生成用于改变造型条件的变更信息的情况的例子。

[0573] 为了使粉末材料P充分熔融,运算部56A以使(2)式示出的能量密度ED的值增加的方式,改变(2)式的参数。运算部56A以提升参数P_L、P_0的值、降低参数v、Δy的值中的至少一个的方式生成变更信息。

[0574] 为了使能量密度ED的值增加,提升参数P_L、P_0的值、降低参数v、Δy的值的理由与在第一实施方式中说明的理由相同。

[0575] 在提升参数P_L的值的情况下,运算部56A以提升从照射部32射出的激光的激光输出的方式生成变更信息。在增大参数P_0的值的情况下,运算部56A以执行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。该情况下的造型条件的变更包括使非活性气体的流量减少以及使流速下降、使底板311的温度上升、设定在不连续扫描激光时的激光的照射位置的间隔变短的扫描路径。在降低参数v的值的情况下,运算部56A生成用于降低作为造型条件的扫描速度的变更信息。在降低参数Δy的值的情况下,运算部56A生成用于降低来自照射部32的激光的光斑尺寸、以及降低基于扫描部33的扫描间距的至少一个的变更信息。

[0576] 在如上所述使运算部56A生成变更信息的情况下,首先,基于由检测部54A求出的材料层的状态、和将能量密度ED保持为期望的范围的材料层的状态,算出能量密度ED的值的变更量、即能量密度ED的值的增加量。在该情况下,表示将能量密度ED保持为期望的范围的材料层的状态(例如材料层的平面度、材料层的厚度、材料层的密度)的值和表示的求出的材料层的状态的值之差、与能量密度ED的值的增加量建立了关联的数据事先存储于存储部58。运算部56A参照该数据,根据材料层的状态的差算出能量密度ED的值的增加量。

[0577] 运算部56A基于该算出的能量密度ED的值的增加量,根据(2)式针对各参数P_L、P_0、v、Δy中的至少一个算出新的值。运算部56A基于所算出的参数P_L、P_0、v、Δy中的至少一个新的值生成上述的各个用于改变造型条件的变更信息。参数P_L、P_0、v、Δy的值与造型条件的值建立了关联的数据事先存储于存储部58。运算部56A参照该数据,生成与所算出的新的参数的值建立了关联的造型条件的值,来作为新的造型条件的值、即变更信息。

[0578] 此外,运算部56A可以生成新的造型条件的值与当前的造型条件的值之差的值,来作为变更信息。

[0579] 在材料层的平面度很小的情况下、或层叠厚度很小的情况下、或者密度很高的情况下,运算部56A根据与上述的平面度很大的情况、层叠厚度很大的情况、或者密度很小的情况相反的考虑方式,生成用于改变造型条件的变更信息。即,在检测部54A作为材料层的状态而求出材料层的平面度很小、或层叠厚度很、或密度很高的情况下,运算部56A以使(2)式示出的能量密度ED的值减少的方式生成用于改变造型条件的变更信息。在该情况下,运算部56A为了使能量密度ED的值减少,以降低(2)式的参数中的、P_L、P_0的值、提升v、Δy的值中的至少一个的方式生成变更信息。

[0580] 在该情况下,运算部56A也参照在通过所设定的造型条件形成了材料层的情况下设想的材料层的状态与求出的材料层的状态的差、和能量密度ED的值的减少量建立了关联的数据,基于求出的材料层的状态,算出能量密度ED的值的减少量。运算部56A基于该算出的能量密度ED的值的减少量,根据(2)式算出参数P_L、P_0、v、Δy中的至少一个新的值。运算部56A参照将各参数的值与造型条件的值建立了关联的数据,生成与算出的新的参数的值建立了关联的造型条件的值,来作为变更信息。

[0581] 此外,运算部56A也可以生成新的造型条件的值与当前的造型条件的值的差即修正值,来作为变更信息。

[0582] 与参数P_L相关联地生成的变更信息为向从照射部32射出的激光的输出值或者当前的激光的输出值的修正值。输出部55A将所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的信息,并输出至设定部59的造型控制部52。

[0583] 与参数P_0相关联地生成的变更信息为以下例示中的至少一个。在改变非活性气体的流量以及流速的情况下的变更信息为吸气装置131的阀开度、排气装置14的排气量的值、当前的阀开度、排气量的值的修正值。在该情况下,输出部55A将所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的信息,并输出至设定部59的框体控制部53。改变底板311的情况下的变更信息为加热器313的加热输出的值或者当前的加热输出的值的修正值。在该情况下,输出部55A将所生成的变更信息作为材料层的状态有关的信息,并输出至设定部59的造型控制部52。改变扫描路径的情况下的变更信息为在设定电流镜331、332的新的倾斜角度的值和其倾斜角度的值的定时或者从当前的值修正的修正值。在该情况下,输出部55A将所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的信息,并输出至设定部59的造型控制部52。

[0584] 相对于参数v生成的变更信息为电流镜331、332的倾斜角度的变更速度或者变更速度的修正值。输出部55A将所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的信息,输出至设定部59的造型控制部52。

[0585] 相对于参数Δy生成的变更信息为从电流镜331、332的当前的设定角度变更的新的设定角度或者设定角度的修正值。输出部55A将所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的信息,并输出至设定部59的造型控制部52。

[0586] 输出部55A将运算部56A所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的信息,并输出至设定部59。

[0587] 在设定部59的造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52使照射部32、扫描部33以及加热器313的至少一个执行下面动作中的至少一个。该情况下的照射部32的动作以基于变更信息的新的激光输出或者通过修正值进行修正后的激光输出射出激光。扫描部33的动作是指,以基于变更信息的新的倾斜角度的变更速度、通过修正值进行修正

后的变更速度、或者新的设定角度、通过修正值进行修正后的设定角度驱动电流镜331、332;以及利用基于变更信息的新的倾斜角度和定时或者通过修正值进行修正后的倾斜角度和定时驱动电流镜331、332。加热器313的动作以基于变更信息的新的加热输出或者通过修正值进行修正后的加热输出进行动作。

[0588] 在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53使吸气装置131和排气装置14以基于变更信息的新的阀开度、排气量或者通过修正值进行修正后的阀开度、排气量进行动作。

[0589] 由此,相对于所形成的材料层,在将能量密度ED控制为期望的范围的状态下进行固化层的造型。

[0590] 本实施方式的造型装置1能够进行所形成的材料层的修复。以下,对修复处理进行说明。

[0591] 判断部57A基于由检测部54A求出的材料层的状态,判断是否需要对材料层进行修复。判断部57A在假设以上述方式改变了造型条件也无法将能量密度ED保持为期望的范围的情况下,判断为需要修复材料层。

[0592] 在该情况下,运算部56A生成用于对所形成的材料层进行修复的修复信息,输出部55A将修复信息输出至材料控制部51和造型控制部52。在本实施方式中,作为修复,进行除去已经形成的材料层,重新形成材料层的处理。在该情况下,造型控制部52控制驱动机构312,使底板311仅向Z方向+侧移动与所形成的材料层的厚度对应的距离。材料控制部51在该状态下控制刮涂机22,使叶片221沿X方向从造型槽31的X方向-侧的端部移动至位置B为止。由此,形成于底板311上或者固化层上的材料层的粉末材料P通过叶片221而移送至X方向+侧,叶片221移动至位置B为止,由此,从造型槽31上除去。此外,除去的粉末材料P被回收到与位置B相比设于X方向+侧的回收槽(未图示)内。

[0593] 当除去材料层时,造型控制部52再次控制驱动机构312,与接下来形成的材料层的厚度对应地,使底板311向Z方向-侧移动。材料控制部51控制驱动机构212,使底面211向Z方向+侧移动,从材料供给槽21将粉末材料P压出。材料控制部51控制刮涂机22,使刮涂机22从位置A移动到位置B为止,将从材料供给槽21压出的粉末材料P移送至造型槽31,并铺满在底板311或者固化层上。

[0594] 参照图21、图22示出的流程图,对在实时变更的情况下由上述的第二实施方式的运算装置50A进行的处理进行说明。图21、图22示出的各处理存储于存储部58,并由运算装置50A读出并执行。

[0595] 此外,图21、图22的流程图举出了运算部56A为了将(2)式的能量密度ED的值保持为期望的范围的方式生成用于改变造型条件的变更信息的情况的例子,但也可以生成将(1)式~(3)式和详细条件中的至少一个保持为期望的范围的变更信息。另外,在以下的说明中,举出检测部54A作为材料层的状态而求出材料层的层叠厚度的情况的例子。

[0596] 在步骤S201中,运算装置50A控制投影部60,一边使具有正弦波状的强度分布的投影光的强度分布的相位变化一边将该投影光投影至造型的固化层。运算装置50A控制受光部70,每当具有正弦波状的强度分布的投影光的相位变化时,对投影了投影光的固化层的表面进行拍摄,并输出多个图像数据。材料控制部51利用所设定的造型条件使材料层形成部20形成材料层,处理前进至步骤S202。

[0597] 在步骤S202中,运算装置50A控制投影部60,一边使具有正弦波状的强度分布的投影光的强度分布的相位变化一边将该投影光投影至所形成的材料层。运算装置50A控制受光部70,每当具有正弦波状的强度分布的投影光的相位变化时,对投影了投影光的材料层的表面进行拍摄,并输出图像数据。检测部54A使用来自受光部70的图像数据,作为材料层的状态而求出层叠厚度。在该情况下,检测部54A使用根据在步骤S201开始时向固化层的表面投影了投影光时所生成的多个图像数据求出的第1平面形状、以及根据在形成于固化层上的材料层的表面投影了投影光时所生成的多个图像数据求出的第2平面形状,求出所形成的材料层的层叠厚度。

[0598] 在步骤S203中,判断部57A判断由检测部54A求出的材料层的状态(即,材料层的层叠厚度)是否满足第五基准范围。此外,第五基准范围为用于将能量密度ED保持为期望的范围的材料层的层叠厚度的范围。该第五基准范围(层叠厚度的范围)例如基于利用用户的各种试验、仿真等求出的材料层的层叠厚度的范围和能量密度ED的相关关系而设定。该第五基准范围事先存储于存储部58,判断部57A读出该第五基准范围,并用于步骤S203、后述的步骤S205的判断处理。在判断部57判断为求出的材料层的层叠厚度不满足第五基准范围的情况下,处理前进至步骤S204,在判断部57判断为求出的材料层的层叠厚度满足第五基准范围的情况下,处理前进至后述的步骤S211。

[0599] 此外,第五基准范围不限于将能量密度ED保持为期望的范围的材料层的层叠厚度的范围的情况,也可以将功率密度PD、温度分布T(r)保持为期望的范围的材料层的层叠厚度的范围。

[0600] 在步骤S204中,判断部57A判断材料层的层叠厚度是否为第六基准范围内。此外,第六基准范围为通过改变造型条件能够将(2)式示出的能量密度ED保持为期望的范围的材料层的层叠厚度的值。第六基准范围为比第五基准范围中的层叠厚度的范围宽的层叠厚度的范围。此外,第六基准范围可以为最大值附近值与最小值附近值的范围。在判断部57判断为材料层的层叠厚度为第六基准范围内的情况下,处理前进至步骤S205,在判断部57判断为不包含在第六基准范围内的情况下,处理前进至图22的步骤S208。换言之,判断部57A在步骤S204中,基于第六基准范围判断是否需要生成变更信息,在层叠厚度满足第六基准范围的情况下判断需要生成变更信息。

[0601] 此外,第六基准范围不限于通过改变造型条件将能量密度ED保持为期望的范围的材料层的层叠厚度的范围的情况,也可以通过改变造型条件而将功率密度PD、温度分布T(r)保持为期望的范围的材料层的层叠厚度的范围。此外,第六基准范围事先存储于存储部58。

[0602] 在步骤S205中,判断求出的材料层的层叠厚度是否比第五基准范围大。在判断部57判断为层叠厚度比第五基准范围大的情况下,处理前进至步骤S206,在判断部57判断为比第五基准范围小的情况下,处理前进至步骤S207。在步骤S206中,运算部56A以提升能量密度ED的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。在该情况下,如上所述,运算部56A以使(2)式示出的能量密度ED的值增加的方式,以使(2)式的参数中的、P_L、P_0的值增加以及使v、Δy的值减少的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,运算部56A以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。该情况中的造型条件的变更是指,提高从照射部32射出的激光的激光输出、使非活性气体的流量减少以及流速下降、使底板311

的温度上升、向扫描位置的间隔很短的扫描路径变更。输出部55A将运算部56A所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的信息,并输出至设定部59。

[0603] 在造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52使照射部32、扫描部33以及加热器313的至少一个执行下面动作中的至少一个。该情况下的照射部33的动作是指,基于变更信息提高激光输出。扫描部33的动作是指,基于变更信息改变电流镜331、332的驱动。加热器313的动作是指,以基于变更信息进行加热输出的方式动作。

[0604] 在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53基于变更信息设定吸气装置131、排气装置14、阀开度和排气量。

[0605] 此后,处理前进至后述的步骤S211。

[0606] 在材料层的层叠厚度比第五基准范围小的情况下前进至步骤S207中,运算部56A以降低能量密度ED的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。在该情况下,如上所述,运算部56A为了使(2)式示出的能量密度ED的值减少,以使(2)式的参数中的、P_L、P_0的值减少、以及使v、Δy的值增加的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,运算部56A以进行以下的造型条件的变更中的至少一个的方式生成变更信息。该情况下的造型条件的变更是指,降低从照射部32射出的激光的激光输出、非活性气体的流量的增加以及流速的上升、降低底板311的温度、向扫描位置的间隔很长的扫描路径变更。输出部55A将运算部56A所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的信息,输出至设定部59。在造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52基于变更信息,改变照射部32、扫描部33以及加热器313的至少一个设定并进行动作。在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53基于变更信息,改变吸气装置131以及排气装置14的设定并进行动作。以后、处理前进至后述的步骤S211。

[0607] 另一方面,在步骤S204中,在判断为材料层的层叠厚度不满足第六基准范围而前进至的图22步骤S208中,判断为求出的材料层的层叠厚度是否满足第七基准范围。此外,第七基准范围为通过对所形成的材料层进行修复而能够将(2)式示出的能量密度ED保持为期望的范围的材料层的层叠厚度的范围。第七基准范围的最大值为比第六基准范围的最大值大规定的比例的值,第七基准范围的最小值为比第六基准范围的最小值小规定的比例的值。此外,第七基准范围可以为最大值附近值与最小值附近值的范围。此外,第七基准范围事先存储于存储部58。

[0608] 在求出的材料层的层叠厚度满足第七基准范围的情况下,即,在判断部57A判断为需要对材料层进行修复的情况下,处理前进至步骤S209。可以说,在该情况下,在材料层的层叠厚度满足第六基准范围的情况下,判断部57A判断为需要生成变更信息,在材料层的层叠厚度不满足第六基准范围的情况下,判断部57A判断为需要对材料层进行修复。

[0609] 在材料层的层叠厚度不满足第七基准范围的情况下、即在判断部57A判断为即使修复材料层也无法将能量密度ED保持为期望的范围的情况下,处理前进至步骤S210。

[0610] 在步骤S209中,运算部56A生成修复信息,输出部55将所生成的修复信息输出至材料控制部51和造型控制部52。输入了修复信息的材料控制部51和造型控制部52控制底板311的驱动机构312、刮涂机22的动作,除去所形成的材料层,并形成新的材料层。此后,处理返回至图21的步骤S202。由此,除去层叠厚度异常的材料层,形成新的材料层。

[0611] 在步骤S210中,运算装置50A使三维造型物的造型停止并结束处理。可以说,在该

情况下,判断部57A在步骤208中材料层的层叠厚度满足第七基准范围的情况下判断为需要材料层的修复,在材料层的层叠厚度不满足第七基准范围的情况下判断为需要造型停止。

[0612] 另外,在步骤S203中求出的材料层的层叠厚度满足第五基准范围的情况下、或在步骤S206或者步骤S207中生成用于改变造型条件的变更信息而前进至的步骤S211中,进行固化层的造型。在从步骤S203到步骤S211的情况下,从基于所设定的造型条件而形成的材料层对固化层进行造型。

[0613] 在从步骤S206或者步骤S207到步骤S211的情况下,使照射部32、扫描部33、加热器313、吸气装置131以及排气装置14中的至少一个基于变更信息进行所设定的动作,从所形成的材料层对固化层进行造型。

[0614] 在步骤S212中,运算装置50A判断构成三维造型物的所有固化层的造型是否结束。在所有固化层的造型结束的情况下,运算装置50A对步骤S212进行肯定判断,结束处理。在存在没有造型的固化层的情况下,运算装置50A对步骤S212进行否定判断,处理返回至步骤S201。

[0615] 此外,在上述的说明中,举出根据步骤S208的判断结果停止造型的情况的例子,但不限于该例。例如,在图21的步骤S204中,在判断为材料层的状态不满足第六基准范围的情况下,在图22的步骤S209中,运算部56A可以生成修复信息。即,判断部57B可以在由检测部54B求出的材料层的状态满足第六基准范围的情况下判断为需要生成变更信息,在材料层的状态满足第六基准范围的情况下判断为需要材料层的修复。

[0616] <下一层造型时变更>

[0617] 在下一层造型时变更的情况下,在利用检测部54A为了检测材料层的状态而使用的材料层对固化层造型之后,相对于供给至该固化层上的粉末材料P生成变更信息。

[0618] 在以下的说明中,举出如下情况的例子:检测部54A与利用实时变更进行了说明的情况同样地,求出材料层的平面度很大、层叠厚度很大、密度很低,通过判断部57A判断为需要生成变更信息。

[0619] 运算部56A与利用实时变更说明的情况同样地,以将用(1)式~(3)式表示的基本条件中的至少一个保持为期望的范围的方式改变造型条件。在以下的说明中,举出如下情况的例子:运算部56A以将(2)式示出的能量密度ED的值保持为期望的范围的方式生成用于改变造型条件的变更信息。

[0620] 为了使粉末材料P充分熔融,运算部56A以使(2)式示出的能量密度ED的值增加的方式改变(2)式的参数。在该情况下,运算部56A针对提升参数P_L、P_0、ρ的值、降低v、Δy、Δz的值中的至少一个而生成变更信息。为了使能量密度ED的值增加,提升参数P_L、P_0、ρ的值、降低参数v、Δy、Δz的值的理由与在第一实施方式中说明的理由相同。

[0621] 在增大参数P_L的值的情况下运算部56A生成的变更信息与实时变更的情况相同。

[0622] 在增大参数ρ的值的情况下,运算部56A以使通过叶片221对粉末材料P施加的压力增加的方式生成变更信息。

[0623] 在降低参数Δz的值的情况下,运算部56A以降低层叠厚度、即使通过叶片221对粉末材料P施加的压力增加的方式生成变更信息。

[0624] 此外,作为为了增大参数P_0的值可变更的造型条件,在实时变更的情况下变更的造型条件的、使非活性气体的流量减少以及流速下降、底板311的温度上升和扫描路径的变

更的基础上,还包括缩短叶片221的待机时间。缩短叶片221的待机时间的理由如下。即,这是因为,缩短冷却造型的固化层的时间,固化层的热量易于传递至材料层,由此,能够抑制粉末材料P的温度下降。在该情况下,运算部56以使叶片221的待机时间变短的方式生成变更信息。

[0625] 运算部56A与实时变更时的情况同样地,参照存储于存储部58的数据,算出(2)式示出的能量密度ED的值的增加量,基于算出的增加量,算出参数P_L、P_0、ρ、v、Δy、Δz中的至少一个新的值。运算部56A与实时变更时的情况同样地,参照存储于存储部58的数据,基于算出的新的参数的值,算出新的造型条件的值,生成变更信息。

[0626] 在材料层的平面度很小的情况下、或层叠厚度很小的情况下、或者密度很高的情况下,运算部56A以使(2)式示出的能量密度ED的值减少的方式生成用于改变造型条件的变更信息。在该情况下,运算部56A以使能量密度ED的值减少的方式,以降低(2)式的参数中的、P_L、P_0、ρ的值、提升v、Δy、Δz的值中的至少一个的方式生成变更信息。在该情况下,运算部56A参照存储于存储部58的数据,算出能量密度ED的值的减少量,基于算出的减少量,算出参数P_L、P_0、ρ、v、Δy、Δz中的至少一个新的值。运算部56A参照存储于存储部58的数据,基于算出的新的参数的值,算出新的造型条件的值,生成变更信息。

[0627] 此外,运算部56A可以生成新的造型条件的值与当前的造型条件的值之差的修正值来作为变更信息。

[0628] 输出部55A将所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的状态,并输出至设定部59。相对于参数P_L、v、Δy生成的变更信息为利用实时变更而生成的变更信息相同,通过输出部55A将与材料层的状态有关的信息输出至设定部59的造型控制部52。就相对于参数P0生成的变更信息与利用实时变更生成的变更信息相同而言,通过输出部55A输出至设定部59的造型控制部52。示出相对于参数P_0生成的变更信息中的、叶片221的待机时间的变更信息通过输出部55A而输出至设定部59的材料控制部51。相对于参数ρ以及Δz生成的变更信息为对叶片221施加的压力或者按压机构的驱动值,通过输出部55A并输出至设定部59的材料控制部51。

[0629] 输入了变更信息的材料控制部51、造型控制部52、框体控制部53当从当前形成的材料层到固化层的造型结束时,基于变更信息,控制各部分的动作。

[0630] 接着,参照图23示出的流程图,对下一层造型时变更的情况下运算装置50A进行的处理进行说明。图23示出的各处理存储于存储部58,由运算装置50A读出并执行。在该情况下,以检测部54A求出层叠厚度作为材料层的状态的情况为例进行说明。

[0631] 此外,图23的流程图示出了运算部56A以将(2)式的能量密度ED的值保持为期望的范围的方式生成用于改变造型条件的变更信息的情况的例子,但生成用于将(1)式~(3)式和详细条件中的至少一个保持为期望的范围的变更信息。

[0632] 步骤S221、S222以及S223的各处理与图21的步骤S201、S202以及S221的各处理相同。在步骤S224中,与图21的步骤S203同样地,判断部57A判断材料层的层叠厚度是否满足上述的第五基准范围。在判断部57A判断为满足第五基准范围的情况下,处理前进至步骤S225。在步骤S225中,进行与图21的步骤S212相同的处理。在步骤S224中,在判断部57A判断为材料层的层叠厚度不满足第五基准范围的情况下,处理前进至步骤S226。在步骤S226中,判断部57A判断材料层的层叠厚度是否满足上述的第六基准范围。在判断部57A判断为不满

足第六基准范围的情况下,处理前进至步骤S227。在步骤S227中,进行与图22的步骤S210的处理相同的处理,结束处理。

[0633] 在判断部57A判断为材料层的层叠厚度满足第六基准范围的情况下,处理前进至步骤S228。在步骤S228中,与图21的步骤S205同样地,判断部57A判断材料层的层叠厚度是否比第五基准范围大。在判断部57A判断为比第五基准范围大的情况下前进至步骤S229,在判断部57A判断为比第五基准范围小的情况下,处理前进至步骤S230。在步骤S229中,运算部56A以提升能量密度ED的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。在次材料层变更中,在图21的步骤S206的情况下改变值的参数的基础上,还进行参数ρ的值的增加、或者Δz的值的减少。即,运算部56A在图21的步骤S206的情况的基础上,以执行使叶片221的待机时间缩短、降低层叠厚度、提升从叶片221对粉末材料P施加的压力中的至少一个的方式生成变更信息。此后,处理返回至步骤S221。

[0634] 在步骤S230中,运算部56A以降低能量密度ED的值的方式生成用于改变造型条件的变更信息。在次材料层变更中,在图21的步骤S207的情况下改变值的参数的基础上,还能够进行参数ρ的值的减少、或者Δz的值的增加。即,运算部56A在图21的步骤S207的基础上,还以延长叶片221的待机时间、提升层叠厚度、或者降低从叶片221对粉末材料P施加的压力的中的至少一个的方式生成变更信息。输出部55A将所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的信息,并输出至设定部59。以后,处理返回至步骤S221。

[0635] 换言之,判断部57A在步骤S226中在材料层的层叠厚度满足第六基准范围的情况下判断为需要生成变更信息,在材料层的层叠厚度不满足第六基准范围的情况下,判断停止三维造型物的造型。

[0636] 在上述的步骤S229、S230中生成的变更信息用于在进行从步骤S229或者S230返回至步骤S221之后前进至的步骤S223的处理时的造型条件的变更。即,在材料控制部51输入了变更信息的情况下,材料控制部51基于变更信息,改变刮涂机22的设定。在造型控制部52输入了变更信息的情况下,造型控制部52基于变更信息,改变照射部32、扫描部33以及加热器313的至少一个设定并进行动作。在框体控制部53输入了变更信息的情况下,框体控制部53基于变更信息,改变吸气装置131以及排气装置14的设定并进行动作。

[0637] 此外,在上述的实时变更以及下一层造型时变更时,运算部56A针对改变或者不改变参数P_L、P_0、ρ、v、Δy、Δz中的哪个参数,根据与用户对三维造型物的造型的要求而不同。例如,在用户期望想要避免造型时间延长的情况下,运算部56A以不使激光的扫描速度下降的方式,能够设为不改变参数v的值。

[0638] 另外,运算部56A为了将(1)式～(3)式示出的基本条件保持为期望的范围,在上述的造型条件以外也能够生成变更信息。若举出相对于对能量密度ED造成影响的造型条件生成变更信息的情况的例子,则例如运算部56可以相对于图8、图9示出的造型条件中的、从照射部32射出的激光的波长、激光的强度分布、框体10内的温度、叶片221的移动速度、叶片221对粉末材料P施加的压力、叶片221的形状(形状、材质)、作为造型的固化层的形状数据的切片模型数据、支承固化层或三维造型物的支承部的形状数据、粉末材料的粒径/粒度分布、粉末材料P的吸湿度、粉末材料P的种类的中的一个以上生成变更信息。

[0639] 此外,与上述的第一实施方式同样地,运算部56A为了决定生成变更信息的参数、造型条件,可以将指定对象信息向用户报知,受理用户的指定。

[0640] 另外,在上述的图21～图23的流程图的说明中,举出了检测部54A求出层叠厚度来作为粉末材料P的形状的情况的例子,说明了第五、第六以及第七基准范围为能够将能量密度ED保持为期望的范围的层叠厚度的范围。然后,上述各基准范围可以例如基于材料层的整个区域中的层叠厚度的平均值、材料层的层叠厚度的偏差的程度来设定。另外,检测部54A可以求出材料层的表面的平面度,可以求出密度。在该情况下,判断部57A在判断时所使用的第五、第六以及第七基准范围被设定为能够将利用基本条件(功率密度PD、能量密度ED、温度分布T(r))、第一实施方式的变形例(1)说明的详细条件的至少一个保持为期望的范围的、材料层的表面的平面度的范围、密度的范围。

[0641] 另外,检测部54A作为材料层的状态,求出相对于材料层所包含的异物、材料层的表面的底板311(即,XY平面)的倾斜、材料层的表面粗度等。表面粗度为例如材料层的表面的Z方向上的最高点和Z方向上的最低点的差,从对投影光的图像进行FFT处理而得到的空间频率得出。检测部54A通过求出表面粗度、例如利用叶片221的形状异常等,能够求出在材料层的表面,表面的隆起、凹陷呈条纹状沿X方向延伸的状态。在该情况下,各基准范围被设定为将基本条件、详细条件保持为期望的范围的空间频率的值的范围、最高点与Z方向上的最低点之差的值的范围。在检测部54A求出异物的情况下,各基准范围被设定为将基本条件、详细条件保持为期望的范围的异物的尺寸的值的范围。在检测部54A求出相对于材料层的表面的底板311的倾斜的情况下,就各基准范围而言,设定有用于将基本条件、详细条件保持为期望的范围的相对于底板311的倾斜角的值的范围。

[0642] 另外,在步骤S206、S207中,运算部56A也可以生成在上述的造型条件以外对能量密度ED造成影响的造型条件的变更信息。例如,运算部56A也可以针对照射部32的激光的强度分布、框体10内的温度、粉末材料P的吸湿度生成变更信息。

[0643] 通过进行上述的处理,求出所形成的材料层的状态,基于求出的材料层的状态,能够生成用于改变造型条件的变更信息。由此,在照射了激光时,能够将粉末材料P所吸收的能量密度ED保持为期望的范围,能够抑制熔融不良、过渡熔融等,能够实现抑制造型不良的产生的三维造型物的造型。

[0644] 接着,对检测部54A作为材料层的状态而求出粉末材料P的流动性的情况下的例子进行说明。

[0645] 造型装置101首先进行用于求出粉末材料P的流动性的的处理。对粉末材料P的流动性的检测在对造型槽31形成有材料层之前进行。材料控制部51为了检测粉末材料P的流动性,控制刮涂机22,使规定量的粉末材料P移送至图19示出的载台ST上。检测部54A基于形成有移送至该载台ST上的规定量的粉末材料P的形状,求出粉末材料P的流动性。在以下的说明中,将该粉末材料P的流动性的检测称为预检测。

[0646] 图24是示意性示出形成有成为预检测的对象的规定量的粉末材料P的形状的ZX平面上的剖面形状的图,示出以剖面形状成为山状的方式将粉末材料P移送至载台ST上的情况。图24的(a)表示在刚将粉末材料P移送至载台ST上之后的状态。在粉末材料P的流动性很高的情况下,粉末材料P因重力的影响而致使其剖面形状的斜面朝向下方(Z方向-侧)滑落,成为图24的(b)示出的这种剖面形状。通过使粉末材料沿斜面落下,使顶部TP的Z方向上的高度比图24的(a)低,安息角θ变大,下部BT成为在XY平面上扩散的形状。安息角θ成为载台ST的上表面(即,XY平面)与斜面所成的角度。

[0647] 与之相对地,若利用流动性很低的粉末材料P,则即使形成有图24的(a)的这种剖面形状,粉末材料P也难以在斜面上滑落。因此,在图24的(c)示出的剖面形状的的方式,与图24的(b)的剖面形状相比,顶部TP的Z方向上的高度变高、安息角θ变大,下部BT的XY平面上的扩散变小。

[0648] 运算装置50A相对于投影部60,向以上述方式移送至载台ST上的材料粉末P投影具有正弦波状的强度分布的投影光。受光部70进行通过投影光而投影的载台ST上的粉末材料P的摄像,输出在载台ST上呈山状形成的粉末材料P的表面形状的图像数据。检测部54A使用该图像数据,测定形成有移送至载台ST上的粉末材料P的形状,求出上述的安息角θ、顶部TP(最高点)的Z方向上的高度、XY平面上中的下部BT的扩散宽度。

[0649] 判断部57A通过检测部54A,基于以上述方式求出的粉末材料P的流动性,判断是否需要修复粉末材料P。

[0650] 判断部57A在求出的安息角θ、最高点TP、下部BT的扩散宽度满足事先设定的第八基准范围的情况下,即,在图24的(b)示出的这种剖面形状的情况下,判断粉末材料P的流动性满足期望的流动性。在求出的安息角θ、最高点TP、下部BT的扩散宽度不满足事先设定的第八基准范围的情况下,即,在图24的(c)示出的这种剖面形状的情况下,判断部57A判断为粉末材料P的流动性不满足期望的流动性。

[0651] 此外,第八基准范围为在呈山状形成能够将基本条件、详细条件保持为期望的范围的、具有流动性的粉末材料P时的安息角θ的范围、或最高点TP的Z方向高度的范围、或下部BT的扩散宽度的范围。第八基准范围例如基于将通过用户的各种试验、仿真等求出的、呈山状形成粉末材料P而测定出的上述的安息角θ、或最高点TP的Z方向上的高度、或下部BT的扩散宽度与基本条件、或详细条件的相关关系来设定。该第八基准范围事先存储于存储部58,判断部57A读出该第八基准范围,用于后述的步骤S242的判断处理。在作为第八基准范围而使用安息角θ的范围的情况下,安息角θ的值越大,则粉末材料P的流动性越高。在作为第八基准范围而使用最高点TP的Z方向上的高度的范围的情况下,最高点TP的Z方向上的高度越小,则粉末材料P的流动性越高。在作为第八基准范围而使用下部BT的扩散宽度的范围的情况下,下部BT的扩散宽度越大,则粉末材料P的流动性越高。

[0652] 在判断部57A判断为粉末材料P的流动性满足第八基准范围(即,粉末材料P具有期望的流动性以上的流动性)的情况下,材料控制部51控制刮涂机22,使用收容至材料供给槽21的粉末材料P,在造型槽31形成材料层。在判断部57判断为粉末材料P的流动性不满足第八基准范围(即,粉末材料P不具有期望的流动性)的情况下,运算部56A生成用于修复收容至材料供给槽21的粉末材料P的修复信息。考虑到流动性很低的粉末材料P会吸收周边环境的湿度,因此,运算部56A对材料供给槽21内的粉末材料P进行加热并除湿,由此,生成用于修复粉末材料P的修复信息。在该情况下,作为修复处理,存在通过对材料供给槽21进行加热的加热器213加热的处理、或基于外部的加热器等的加热处理。即,运算部56A生成加热器213的加热输出的值,来作为修复信息。所生成的修复信息通过输出部55而输出至材料控制部51。

[0653] 此外,也可以以之后使移送粉末材料P的造型槽31的底板311的温度变高的方式控制加热器313。

[0654] 此外,在判断为粉末材料P不具有期望的流动性的情况下,移送至载台ST上的粉末

材料P可以通过叶片221的移动收容至回收槽(未图示),也可以返回至材料供给槽21进行修复处理。

[0655] 接着,相对于具有期望的流动性的粉末材料P,检测部54A进行用于求出材料层的状态的处理。在以下的说明中,以检测部54A作为材料层的状态而取出粉末材料P的粒径/粒度分布的情况为例进行说明。

[0656] 在进行上述的预检测处理,使粉末材料P具有期望的流动性的情况下,材料控制部51与上述的情况同样地,控制刮涂机22,将材料供给槽21内的粉末材料P移送至造型槽31,形成材料层。在该情况下,在预检测处理中使用的粉末材料P也能够用于材料层的形成。即,伴随刮涂机22的移动,而移送至载台ST上的粉末材料P的造型槽31。当形成有材料层时,与求出上述的材料层的形状的情况同样地,运算装置50A控制投影部60,对材料层的表面投影具有的正弦波状的强度分布的投影光,受光部70拍摄投影了投影光的材料层的表面,输出图像数据。检测部54A使用图像数据,求出形成材料层的粉末材料P的粒径/粒度分布。

[0657] 检测部54A基于图像数据求出某种粒径的粉末材料P和看起来具有与该粒径几乎相同的粒径的粉末材料P和其位置。而且,检测部54A求出与上述粒径不同的粉末材料P、和看起来具有与该粒径几乎相同的粒径的粉末材料P和其位置。检测部54A反复执行上述处理,针对每种粒径求出多个粉末材料P,求出粒径/粒度分布、即不同粒径的粉末材料P在材料层内以何种程度均匀地分布。由此,求出在材料层的某一部分的区域致密地存在很大粒径的粉末材料P的状态、致密地存在很小的粒径的粉末材料P的状态等的、担心会对热量的传递造成影响的区域。

[0658] 判断部57A判断由检测部54A求出的粒径/粒度分布是否满足第五基准范围。此外,第五基准范围被设定为,在对材料层照射激光时,在将(1)~(3)式的基本条件、第一实施方式的变形例(1)中说明的详细条件的至少一个保持为期望的范围的状态下,用于传递为了使粉末材料P熔融、凝固所需的热量的粒径/粒度分布的范围。该粒径/粒度分布的范围例如与上述的步骤S203同样地,基于用户的各种试验、仿真等结果来设定。

[0659] 此外,检测部54A可以取代求出粉末材料P的粒径/粒度分布的例子,而求出粉末材料P的球形度。球形度是示出粉末材料P的各粉末的形状与球形偏移何种程度的值。检测部54A基于例如在图像数据上求出的各粉末的面积和周长,算出(检测)球形度。球形度越高,粉末材料P的各粉末的形状越接近球形,在各粉末材料P的内部传递均匀的热量。在检测部54A求出球形度的情况下,第五基准范围被设定为,在对材料层照射激光时,在将(1)~(3)式的基本条件、第一实施方式的变形例(1)中说明的详细条件的至少一个保持为期望的范围的状态下,用于传递为了使粉末材料P熔融、凝固所需的热量的球形度的范围。该球形度的范围例如与上述的步骤S203同样地,基于用户的各种试验、仿真等结果来设定。

[0660] 在通过判断部57A判断为求出的粒径/粒度分布满足第五基准范围的情况下,造型控制部52利用所设定的造型条件控制照射部32和扫描部33,对材料层照射激光。在通过判断部57A判断为求出的粒径/粒度分布不满足第五基准范围的情况下,判断部57A判断是否需要生成变更信息。在判断部57A判断为求出的粒径/粒度分布满足第六基准范围的情况下,判断为需要生成变更信息。作为第六基准范围,例如,可以为比第五基准范围的最小值小规定倍的值与比第五基准范围的最大值大规定倍的值之间的范围。或者,作为第六基准范围,例如可以将材料供给槽21内的粉末材料P的剩余量作为为了形成材料层所需的量。在

材料供给槽21内的粉末材料P的剩余量比为了形成材料层所需的量多的情况下,判断部57A判断为满足第六基准范围。

[0661] 在判断为满足第六基准范围的情况下,运算部56A作为变更信息,生成指示除去所形成的材料层而新形成材料层的信息。输出部55A将变更信息作为与材料层的状态有关的信息,并输出至材料控制部51和造型控制部52。

[0662] 材料控制部51和造型控制部52基于所输入的变更信息,以下述方式控制各部分,由此,进行除去已经形成的材料层而重新形成材料层的处理。在该情况下,造型控制部52控制驱动机构312,使底板311仅向Z方向+侧移动与所形成的材料层的厚度对应的距离。材料控制部51在该状态下控制刮涂机22,使叶片221沿X方向移动,从造型槽31上除去形成于底板311上或者固化层上的材料层的粉末材料P。

[0663] 当除去材料层时,造型控制部52再次控制驱动机构312,与接下来形成的材料层的厚度对应地,使底板311向Z方向-侧移动。材料控制部51控制刮涂机22,使刮涂机211从位置A移动至位置B为止,将材料供给槽21的粉末材料移送至造型槽31并在底板311或者固化层上铺满。

[0664] 参照图25示出的流程图,对上述的第二实施方式的运算装置50A进行的处理进行说明。图25示出的各处理存储于存储部58,由运算装置50A读出并执行。

[0665] 在步骤S241中,为了预检测,材料控制部51控制刮涂机22,使叶片221移动,将粉末材料P移送至载台ST上。运算装置50A一边使强度分布的相位变化,一边使投影部60将具有的正弦波状的强度分布的投影光投影至载台ST上的粉末材料P。运算装置50A每当一边使强度分布的相位变化,一边使受光部70投影具有的正弦波状的强度分布的投影光时,拍摄载台ST上的粉末材料P,输出多个图像数据。检测部54A使用来自受光部70的多个图像数据,求出粉末材料P的流动性并前进至步骤S242。

[0666] 在步骤S242中,判断部57A判断求出的粉末材料P的流动性是否满足第八基准范围。在通过判断部57A判断为粉末材料P的流动性不满足第八基准范围的情况下,处理前进至步骤S243。在判断为粉末材料P的流动性满足第八基准范围的情况下,处理前进至步骤S244。

[0667] 在步骤S243中,判断部57A判断求出的粉末材料P的流动性是否满足第九基准范围。第九基准范围的范围为通过相对于粉末材料P进行修复,能够将(1)~(3)式的基本条件、第一实施方式的变形例(1)中说明的详细条件的至少一个保持为期望的范围的粉末材料P的流动性的范围。第九基准范围为比第八基准范围宽的范围,第九基准范围的最大值比第八基准范围的最大值大,第九基准范围的最小值比第八基准范围的最小值小。此外,第九基准范围可以为最大值附近的值和最小值附近的值的范围。在通过判断部57A判断为粉末材料P的流动性满足第九基准范围的情况下,处理前进至步骤S245。在通过判断部57A判断为粉末材料P的流动性不满足第九基准范围的情况下,处理前进至步骤S246。此外,第九基准范围事先存储于存储部58。

[0668] 在步骤S245中,运算部56A生成用于修复粉末材料P的修复信息,输出部55A将所生成的修复信息输出至材料控制部51。修复如上所述,为对材料供给槽21内的粉末材料P进行加热的处理,运算部56A基于求出的粉末材料P的流动性与第八基准范围内的任意值(例如中央值)之差,生成基于材料供给槽21的加热器213的加热量,来作为修复信息。在该情况

下,将求出的粉末材料P的流动性与第八基准范围内的任意的值(例如中央值)之差、和加热器213的加热量作为建立关联的数据而事先存储于存储部58,运算部56A参照该数据,算出(检测)加热量。当步骤S245的处理结束时,处理返回至步骤S241。在粉末材料的流动性不满足第九基准范围的情况前进至的步骤S246中,运算装置50A使三维造型物的造型停止,结束处理。换言之,判断部57A在步骤S243中,在粉末材料P的流动性满足第九基准范围的情况下,判断需要修复粉末材料P,在粉末材料P的流动性不满足第九基准范围的情况下,判断为停止三维造型物的造型。

[0669] 另一方面,在粉末材料P的流动性满足第八基准范围的情况下前进至的步骤S244中,材料控制部51利用所设定的造型条件使材料层形成部20形成材料层。运算装置50A一边使具有的正弦波状的强度分布的投影光的强度分布的相位变化,一边使投影部60将该投影光投影至所形成的材料层。运算装置50A每当投影光的强度分布的相位变化时,使受光部70拍摄投影了投影光的材料层的表面。检测部54A使用从受光部70输出的多个图像数据,求出材料层的状态。作为材料层的状态,检测部54A如上所述求出粉末材料P的粒径/粒度分布。

[0670] 若步骤S244的处理结束,则处理前进至步骤S247。

[0671] 在步骤S247中,判断部57A判断求出的粉末材料P的粒径/粒度分布是否满足第五基准范围。在通过判断部57A判断为粉末材料P的粒径/粒度分布不满足第五基准范围的情况下,处理前进至步骤S248。在通过判断部57A判断为粉末材料P的粒径/粒度分布满足第五基准范围的情况下,处理前进至步骤S250。在步骤S248中,判断部57A判断是否满足第六基准范围。在求出的粒径/粒度分布满足第六基准范围的情况下,判断部57A对步骤S248进行肯定判断,处理前进至步骤S249。在求出的粒径/粒度分布不满足第六基准范围的情况下,判断部57A对步骤S248进行否定判断,处理前进至步骤S246,通过运算装置50停止三维造型物的造型,结束处理。

[0672] 在步骤S249中,运算部56A生成变更信息,输出部55A将所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的信息,并输出至设定部59(材料控制部51和造型控制部52)。材料控制部51基于变更信息使驱动机构212和刮涂机22动作,造型控制部52基于变更信息使驱动机构312动作。由此,除去已经形成的材料层,并重新形成材料层。换言之,判断部57A在步骤S248中,在粒径/粒度分布满足第六基准范围的情况下,判断为需要生成变更信息,在不满足第六基准范围的情况下,判断为停止三维造型物的造型。

[0673] 此后,处理返回至步骤S244。由此,除去粒径/粒度分布不满足第五基准范围的粉末材料P,在造型槽31形成新的材料层。

[0674] 步骤S250以及S251的各处理与图21的步骤S211以及S212的各处理相同。

[0675] 此外,检测部54A作为材料层的状态,也可以求出材料层的表面粗度、粉末材料P的移送不充分的材料层上的位置(即,粉末材料P不足的不足位置)、粉末材料P的粒子的直径异常(直径过大、或者直径过小)。在该情况下,第五基准范围可以根据能够基于试验、仿真等结果,将(1)~(3)式示出的基本条件、第一实施方式的变形例(1)中说明的详细条件的至少一个保持为期望的范围的空间频率的范围、粉末材料P不足的位置的个数、面积、粉末材料P的粒子直径的值的范围来设定。

[0676] 此外,在图25示出的流程图中,可以不进行步骤S243以及步骤S246的处理。在该情况下,在步骤S242中求出的粉末材料P的流动性不满足第八基准范围的情况下,处理也可以

前进至步骤S245,生成修复信息。即,判断部57A只要基于材料层的状态(粉末材料P的流动性)判断是否需要修复粉末材料P即可。

[0677] 另外,用于求出上述粉末材料P的流动性的预检测可以在进行图21～图23示出的流程图的处理时进行。即,图25示出的步骤S241～S243、步骤S245以及S246的处理也可以在图21的步骤S201的开始前、图23的步骤S221的开始前进行。在该情况下,也可以不进行步骤S243和步骤S246,在材料层的状态(粉末材料P的流动性)不满足第八基准范围的情况下进行修复。

[0678] 此外,在上述的第二实施方式中,举出如下情况的例子:在造型装置101所具有的运算装置50A中,运算部56A基于由检测部54A求出的材料层的状态生成变更信息,输出部55A将变更信息作为状态信息,并向设定部59输出。然后,运算装置50A不限于此这种例子,也可以具有图26示出的构成。即,运算装置50A具有检测部54A、输出部55A和设定部69A。设定部69A具有第二实施方式中的、材料控制部51、造型控制部52、框体控制部53、运算部56A、判断部57A、存储部58。在该情况下,检测部54A与第二实施方式的情况同样地,使用从受光部70输出的图像数据,求出材料层的状态。输出部55A将由检测部54A求出的材料层的状态自身的信息作为与材料层的状态有关的信息,并向设定部59输出。设定部69A的运算部56A和判断部57A与第二实施方式同样地,生成用于改变造型条件的变更信息。设定部69A所具有的材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53中的至少一个按照所生成的变更信息,与第二实施方式同样地,控制造型装置101的各构成的动作。

[0679] 此外,图19示出的第二实施方式的运算装置50A中的设定部59以外的构成、图26示出的变形例中的运算装置50A中的设定部69A以外的构成也可以包含至与造型装置101不同的外部的运算装置。

[0680] 另外,可以构成如下的检测系统,基于在第二实施方式中说明的造型装置101的构成的一部分,获取与材料层的状态有关的信息,基于与材料层的状态有关的信息求出材料层的状态。

[0681] 在图27的(a)示意性示出该情况下的造型装置101以及检测系统500A的要部构成的概略。造型装置101具备:图19说明的、第二实施方式的造型光学部36中的形状测定部314;具有第二实施方式中的运算装置50A的检测部54A、输出部55A、运算部56A、判断部57A和存储部58的检测系统500A;框体10;材料层形成部20;造型部30中的形状计测部314以外的构成;以及图19的运算装置50A的设定部59。

[0682] 形状测定部314向材料层投影具有的正弦波状的强度分布的投影光,获取投影了投影光的材料层中的至少一部分的区域的图像数据。此外,在例如利用立体摄影机等求出材料层的状态的情况下,形状测定部314也可以不具有投影部60。运算装置50A的检测部54A使用利用形状测定部314获取的图像数据,与第二实施方式同样地,求出材料层的状态。运算部56A和判断部57A与第二实施方式同样地,生成用于改变造型条件的变更信息。所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的信息,通过输出部55A从检测系统500A向设定部59输出。设定部59所具有的材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53中的至少一个按照所生成的变更信息,与第二实施方式同样地,控制造型装置101的各构成的动作。此外,如图27的(a)所示,为了便于说明,将检测系统500A的检测部54A、输出部55A、运算部56A、判断部57A、存储部58A和设定部59综合表达为由一个运算装置具有的构成。然而,检测系统500A

的检测部54A、输出部55A、运算部56A、判断部57A、存储部58和设定部59也可以设于不同的运算装置。

[0683] 此外,如图27的(b)所示,检测系统501A可以具有图27的(a)的情况的形状测定部314、以及图26说明的、运算装置50A中的检测部54A以及输出部55A。在该情况下,造型装置101具备检测系统501A、图26示出的运算装置50A所具有的设定部69A、框体10、材料层形成部20、和造型部30中的形状测定部314以外的构成。

[0684] 形状测定部314与图27的(a)的情况同样地,获取图像数据。检测部54A使用该图像数据,与第二实施方式同样地,求出材料层的状态。输出部55A将由检测部54A求出的材料层的状态自身的信息作为与材料层的状态有关的信息,并向设定部69A输出。设定部69A、运算部56A和判断部57A与第二实施方式同样地,生成用于改变造型条件的变更信息。设定部69A所具有的材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53中的至少一个按照所生成的变更信息,与第二实施方式同样地,控制造型装置101的各构成的动作。此外,如图27的(b)所示,为了便于说明,将检测系统501A的检测部54A以及输出部55A和设定部69A综合表达为由一个运算装置具有的构成。然而,也可以将检测系统501A的检测部54A以及输出部55A和设定部69A设于不同的运算装置。

[0685] 另外,运算部56也可以取代进行变更信息的生成和修正信息的生成,而仅进行变更信息的生成。另外,运算部56A也可以相对于激光的条件、扫描条件、与框体10的内部的环境气体相关联的条件、材料层形成条件、支承部条件、设计数据、与粉末材料P相关联的条件的至少一个造型条件生成变更信息。

[0686] 另外,在上述的第二实施方式中,以下一层造型时变更的情况为例进行了说明,但在第一实施方式中说明的下一造型物造型时变更的情况下,也可以利用基于粉末材料P的形状所生成的变更信息而改变造型条件。即,运算部56能够在三维造型物的造型结束后重新对三维造型物进行造型时,生成变更信息。

[0687] 在下一造型物造型时变更的情况下,判断部57A在不满足第五基准范围但满足第六基准范围的情况下判断为需要生成变更信息。在该情况下,与上述的情况同样地,运算部56A生成用于改变造型条件的变更信息。判断部57A在材料层的状态不满足第六基准范围的情况下判断为需要对造型的三维造型物进行修复,运算部56A可以基于求出的材料层的状态和第五基准范围内的任意的值(例如,中央值)之差,生成修复信息。此外,在下一造型物造型时变更的情况下,在进行修复的部位位于三维造型物的轮廓的情况下,能够修复。

[0688] 当然,也可以在下一造型物造型时变更的情况下,设置第七基准范围,由判断部57A判断是否造型停止。若判断部57A判断为材料层的状态不满足第六基准范围,则判断材料层的状态是否满足第七基准范围。只要在材料层的状态满足第七基准范围的情况下,判断部57A判断为需要对所造型的三维造型物进行修复,在材料层的状态不满足第七基准范围时,判断为停止下一个三维造型物的造型即可。

[0689] 根据以上说明的第二实施方式,在利用第一实施方式得到的(8)~(16)的作用效果的基础上,还能够得到以下的作用效果。

[0690] (1)用于根据通过激光的照射来对从粉末材料P形成的层状的材料层进行加热而造型的固化层对三维造型物进行造型的造型装置1的运算装置50具备检测部54A和输出部55A。检测部54A求出基于所形成的材料层的形状的材料层的状态,输出部55A将由检测部

54A求出的与材料层的状态有关的信息输出至造型装置1。由此,能够根据用于固化层的造型的材料层的状态,推定有无在造型中的三维造型物产生造型不良等的可能性。在使求出的与材料层的状态有关的信息反映至三维造型物的造型的情况下,能够抑制在三维造型物产生的造型不良等。

[0691] (2)材料层的状态包括形成材料层的粉末材料P的流动性。由此,能够检测粉末材料P是否为适合形成材料层的状态,抑制在三维造型物产生造型不良等。

[0692] (3)材料层的状态包括材料层的平面度、密度、层叠厚度的至少一个。由此,能够检测所形成的材料层是否适合固化层的造型,抑制在三维造型物产生的造型不良等。

[0693] (4)运算部56A基于由检测部54A求出的材料层的状态,生成为了用于改变对三维造型物进行造型所使用的造型条件的变更信息,输出部55A将所生成的变更信息作为与材料层的状态有关的信息进行输出。由此,以能够基于材料层的状态抑制在三维造型物产生造型不良等的方式,能够改变造型条件。

[0694] (5)判断部57A基于由检测部54A求出的粉末材料P的流动性,判断是否需要对粉末材料P进行修复。由此,由于能够在对流动性变低而不适合形成材料层的粉末材料P进行修复之后将其用于材料层的形成,所以能够实现抑制造型不良等产生的高品质的三维造型物的造型。

[0695] (6)判断部57A基于由检测部54A求出的材料层的状态,判断是否需要生成用于对三维造型物进行造型的变更信息。由此,在可能在三维造型物的造型中产生造型不良等的情况下,能够实现造型条件的变更,因此,能够实现在三维造型物的内部抑制造型不良等产生的高品质的三维造型物的造型。

[0696] (7)判断部57A在由检测部54A求出的材料层的状态满足第六基准范围的情况下判断为需要生成变更信息,在由检测部54A求出的材料层的状态不满足第六基准范围的情况下,判断为需要修复粉末材料P。由此,与材料层的状态对应地,能够选择适合抑制造型不良等产生的处理。

[0697] (8)判断部57A在由检测部54A求出的材料层的状态满足第七基准范围(或者第九基准范围)的情况下判断为需要生成修复信息,在不满足第七基准范围(或者第九基准范围)的情况下,判断为需要使三维造型物造型停止。由此,能够停止因使用不适合三维造型物的造型的粉末材料P而对具有造型不良等的三维造型物进行造型,因此,能够抑制浪费粉末材料P和作业时间。

[0698] (9)若通过判断部57A判断为需要修复材料层,则运算部56A生成用于除去所形成的材料层并重新形成材料层的修复信息。由此,由于除去不适合固化层的造型的材料层,能够以能够在固化层的造型时抑制造型不良等产生的方式重新形成材料层,所以能够对高品质的三维造型物进行造型。

[0699] (10)若判断部57A基于由检测部54A求出的粉末材料P的流动性判断为需要对粉末材料P进行修复,则运算部56A在粉末材料P的基础上生成用于进行修复的修复信息。由此,吸收湿度使流动性下降或者对粉末材料P进行加热,由此,能够再次返回至吸湿度低、适合固化层的造型的状态,因此,能够抑制造型不良等产生的高品质的三维造型物的造型。

[0700] -第三实施方式-

[0701] 参照附图,对第三实施方式的造型装置进行说明。在以下的说明中,对与第一实施

方式以及第二实施方式相同的构成要素标注相同的附图标记,主要说明不同点。针对没有特别说明的点,与第一实施方式以及第二实施方式相同。在本实施方式中,具有:第一实施方式的造型装置所具有的摄像装置;以及第二实施方式的造型装置所具有的投影部以及受光部。基于由摄像装置获取的图像数据,求出检测对象区域的状态,基于检测对象区域的状态生成变更信息,并且基于通过受光部获取的图像数据求出材料层的状态,基于材料层的状态生成变更信息。

[0702] 图28是示意性示出第三实施方式的造型装置102的要部构成的框图。第三实施方式的造型装置101具有与图1示出的第一实施方式的造型光学部35不同的造型光学部37。造型光学部37具备:第一实施方式的造型光学部35;以及图19示出的第二实施方式的形状测定部314(投影部60以及受光部70)。第三实施方式的运算装置50B取代第一实施方式中的检测部54、输出部55、运算部56、判断部57,而具有检测部54B、输出部55B、运算部56B、判断部57B。

[0703] 图29是示意性示出第三实施方式的造型光学部37的配置的一例的图。

[0704] 照射部32、扫描部33、聚焦透镜323、获取部310(即,色差修正光学系统43、双分支光学系统42、摄像装置41、半反射镜301、视场光圈302)与图2示出的第一实施方式的情况同样地配置。第二实施方式的形状测定部314(即,投影部60和受光部70)与图20示出的例子同样地,以能够向材料层投影投影光、以及投影了投影光的材料层的摄像的方式配置。

[0705] 此外,在图29示出的配置例中,激光的射出方向、行进方向、反射方向也为一例,与造型光学部37的各构成的配置对应地,设定适当成为优选的激光的射出方向、行进方向、反射方向。另外,获取部310也可以与造型光学部37的各构成的配置对应地,不具有半反射镜301和视场光圈302。

[0706] 此外,造型光学部37能够具有在第一实施方式以及其变形例中说明的配置例、和在第二实施方式以及其变形例中说明的配置例组合而成的配置。例如,造型光学部37也可以取代双分支光学系统42而具有两台摄像装置。或者,造型光学部37也可以取代双分支光学系统42而具有能够切换透射的光的波长的滤光片。或者,造型光学部37也可以取代双分支光学系统42而具有选择波长为λ1和波长为λ2各自的波长的滤光片的摄像装置41。或者,造型光学部37也可以具有如图3示出的那样配置的造型光学部35、图20的配置例示出的投影部60和受光部70。

[0707] 另外,造型光学部37也可以具有图20的配置例示出的投影部60和双分支光学系统。该情况下的双分支光学系统在图2、图3的配置例示出的双分支光学系统42使来自检测对象区域的热辐射光分支成两个不同波长的光的构成的基础上,具有将利用材料层的表面反射的投影光导入拍摄元件411的构成。只要在该情况下的双分支光学系统设置经由从光束合成部425透射的光中的、透射投影光的波长的带通滤光片而导入摄像元件411的构成即可。由此,由于能够利用拍摄装置41的摄像元件411接受来自投影部60的投影光,所以摄像装置41能够具有与受光部70相同的功能。即,造型光学部37也可以不具有受光部70。

[0708] 另外,造型光学部37也可以使图2、图3的配置例示出的照射部32发挥用于使投影光投影的光投影部的功能,图20的配置例示出的受光部70接受投影光。在该情况下,利用从照射部32以低输出射出的激光来作为投影光。或者,在照射部32具有能够照射用于示出例如用于熔融材料层的激光照射的位置的引导光的构成的情况下,使用该引导光来作为投影

光。在利用照射部32的引导光来作为投影光的情况下,如上所述,也可以在使来自检测对象区域的热辐射光分成两个不同波长的光的构成的基础上,通过具有将利用材料层的表面反射的投影光导入拍摄元件411的构成的双分支光学系统,使摄像装置41接受来自照射部32的引导光。

[0709] 在第三实施方式的造型装置102中,检测部54B使用从摄像装置41输出的图像数据,与在第一实施方式中说明的情况同样地,求出粉末材料P的检测对象区域的状态。运算部56B基于由检测部54B求出的粉末材料P的检测对象区域的状态,与在第一实施方式以及变形例(1)中说明的情况同样地,生成用于改变造型条件的变更信息、用于进行修复的修复信息。作为造型条件的变更,造型装置102能够进行实时变更、下一层造型时变更以及下一造型物造型时变更的至少一个。

[0710] 在第三实施方式的造型装置102中,检测部54B利用来自受光部70的图像数据,与第二实施方式的情况同样地,求出材料层的状态。运算部56B基于由检测部54B求出的材料层的状态,在与第二实施方式中说明的情况同样地,生成用于改变造型条件的变更信息、用于进行修复的修复信息。

[0711] 参照图30示出的流程图,对上述的第二实施方式的运算装置50B进行的处理进行说明。图30示出的各处理存储于存储器(未图示),由运算装置50B读出并执行。

[0712] 在步骤S301中,运算装置50B进行预检测处理。即,进行图25的步骤S241～S243、S245、S246的处理。若预检测处理结束,则处理前进至步骤S302。在步骤S302中,运算装置50B控制投影部60,一边使强度分布的相位变化一边向材料层的表面投影具有的正弦波状的强度分布的投影光。运算装置50B每当投影光的强度分布的相位变化时,使受光部70拍摄投影了投影光的材料层的表面,生成多个图像数据。材料控制部51控制刮涂机22,在造型槽31形成材料层,并前进至步骤S303。在步骤S303中,运算装置50B控制投影部60,一边使强度分布的相位变化,一边对材料层的表面投影具有的正弦波状的强度分布的投影光。运算装置50B每当投影光的强度分布的相位变化时,使受光部70拍摄投影了投影光的材料层的表面,生成多个图像数据。检测部54B基于在步骤S302中获取的多个图像数据、以及在步骤S303中获取的多个图像数据,求出材料层的状态(材料层的平面度、层叠厚度、密度、粉末材料P的流动性等),处理前进至步骤S304。

[0713] 在步骤S304中,判断部57B基于由检测部54B求出的材料层的状态,判断是否需要生成变更信息、是否需要生成修复信息。在通过判断部57B判断为需要生成变更信息或修复信息的情况下,运算部56B生成用于改变造型条件的变更信息、用于进行修复的修复信息。即,判断部57B以及运算部56B进行图21、图22的步骤S203～S209的处理、图25的步骤S248、S249的处理,处理前进至步骤S305。在步骤S305中,造型控制部52控制照射部32、扫描部33,将激光照射于材料层而将固化层造型。摄像装置41例如每隔规定的时间间隔或每当利用扫描部33在XY平面上仅用激光扫描规定的距离时,进行包括由激光照射的熔池在内的检测对象区域的摄像,输出图像数据。检测部54B每当输出来自摄像装置41的图像数据时,求出以照射有材料层上的激光的位置为中心的检测对象区域的状态,前进至步骤S306。

[0714] 在步骤S306中,判断部57基于由检测部54B求出的检测对象区域的状态,进行是否需要生成变更信息的判断。运算部56B在通过判断部57B判断为需要生成变更信息的情况下,生成用于实时变更的变更信息。即,判断部57B以及运算部56B进行图10示出的步骤S33

～S36、图11示出的步骤S43～S46、图12示出的步骤S53～S56的处理，处理前进至步骤S307。

[0715] 在步骤S307中，运算装置50B判断一层固化层的造型是否结束。在一层固化层的造型结束的情况下，运算装置50B对步骤S307进行肯定判断，处理前进至步骤S308。在一层固化层的造型没有结束的情况下，运算装置50B对步骤S307进行否定判断，处理返回至步骤S305。在步骤S308中，判断部57B基于由检测部54B求出的材料层的状态判断是否需要生成变更信息、是否需要生成修复信息。在通过判断部57B判断为需要生成变更信息或修复信息的情况下，运算部56B生成用于下一层造型时变更的变更信息或修复信息。即，判断部57B以及运算部56B进行图13、图14的步骤S63～S70、图15、图16的步骤S83～S90的处理，处理前进至步骤S309。

[0716] 在步骤S309中，运算装置50B判断构成三维造型物的多个固化层中的所有固化层的造型是否结束。在所有固化层的造型结束的情况下，运算装置50B对步骤S309进行肯定判断，结束处理。在所有固化层的造型没有结束的情况下，运算装置50B对步骤S309进行否定判断，处理返回至步骤S301。

[0717] 此外，在步骤S309的处理之后，运算装置50B也可以进行用于下一造型物造型时变更的处理。在该情况下，判断部57B基于从对三维造型物开始造型到造型结束为止由检测部54B求出的检测对象区域的状态和材料层的状态，判断是否需要改变用于对下一个三维造型物进行造型的造型条件。在该情况下，判断部57B与图10的步骤S34、图11的步骤S44、图12的步骤S54、图13的步骤S65、图15的步骤S85、图21的步骤S205、图23的步骤S228、图25的步骤S248同样地，判断检测对象区域的状态或者材料层的状态是否满足事先决定的各基准范围。运算部56B在通过判断部57B判断为需要改变造型条件的情况下，基于求出的检测对象区域的状态或者材料层的状态与基准范围内的任意的值(例如中央值)之差，生成用于改变造型条件的变更信息。在通过判断部57B判断为不需要改变造型条件的情况下，相对于所造型的三维造型物进行上述的后处理。

[0718] 判断部57B也可以与图13的步骤S64、图14的步骤S68～S70、图15的步骤S84、图16的步骤S88～S90、图21的步骤S204、图22的步骤S208～210等同样地，判断是否满足各基准范围。在通过判断部57B判断为需要修正所造型的三维造型物的情况下，运算部56B生成用于对所造型的三维造型物进行修正的修正信息。在通过判断部57B判断为不需要所造型的三维造型物的修正的情况下，运算装置50B使以后的三维造型物的造型停止。

[0719] 根据以上的处理，与第一实施方式以及第二实施方式的情况同样地，能够在确保在(1)～(3)式示出的用于熔融、凝固的基本条件的状态下进行固化层的造型，因此，能够抑制在三维造型物产生造型不良等。

[0720] 此外，在上述的第三实施方式中，举出了如下情况的例子：在造型装置102所具有的运算装置50B中，检测部54B求出检测对象区域的状态以及材料层的状态，运算部56B生成变更信息，输出部55B将变更信息作为状态信息或与材料层的状态有关的信息并向设定部59输出。然而，运算装置50B不限于这种例子，也可以具有图31示出的构成。即，运算装置50B具有检测部54B、输出部55B和设定部69B。设定部69B具有第三实施方式中的、材料控制部51、造型控制部52、框体控制部53、运算部56B、判断部57B和存储部58。在该情况下，检测部54B与第一实施方式的情况同样地，使用从摄像装置41输出的图像数据，求出检测对象区域的状态，与第二实施方式的情况同样地，使用从受光部70输出的图像数据，求出材料层的状

态。输出部55B将由检测部54B求出的检测对象区域的状态自身的信息作为状态信息,并向设定部69B输出。输出部55B将由检测部54B求出的材料层的状态自身的信息作为与材料层有关的信息,并向设定部69B输出。设定部69B的运算部56B和判断部57B与第一实施方式以及变形例(1)、第二实施方式同样地,生成用于改变造型条件的变更信息。设定部69B所具有的材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53中的至少一个按照所生成的变更信息,与第一实施方式以及变形例(1)、第二实施方式同样地,控制造型装置102的各构成的动作。

[0721] 此外,图28示出的第三实施方式的运算装置50B的设定部59以外的构成、图31示出的变形例中的运算装置50B的设定部69B以外的构成也可以包含于与造型装置102不同的外部的运算装置。

[0722] 也可以构成为如下的的检测系统,即,基于在第三实施方式中说明的造型装置102的构成的一部分,获取检测对象区域的信息、投影了投影光的材料层的至少一部分的区域的图像数据,求出检测对象区域的状态和材料层的状态。

[0723] 图32的(a)示意性示出该情况下的造型装置1以及检测系统500B的要部构成的概略。造型装置1具备:图28说明的、第三实施方式的造型光学部37中的获取部310以及形状测定部314;具有第三实施方式中的图28的运算装置50B的检测部54B、输出部55B、运算部56B、判断部57B和存储部58的检测系统500B;框体10;材料层形成部20;造型部30中的获取部310以及形状测定部314以外的构成;以及图28的运算装置50B的设定部59。

[0724] 获取部310与参照图18的(a)说明的情况同样地,获取材料层的检测对象区域的信息。检测对象区域的信息是指,获取部310所具有的摄像装置41基于来自材料层的检测对象区域的热辐射光,与在第一实施方式中说明的情况同样地生成的图像数据。即,该图像数据包括基于来自检测对象区域的热辐射光中的不同波长(波长为λ1和λ2)的光分别生成的图像数据。此外,在该情况下,也可以使用温度计、高速摄像头等来作为获取部310。在获取部310为温度计的情况下,检测对象区域的信息为由温度计求出的检测对象区域的温度。在获取部310为高速摄像头的情况下,检测对象区域的信息为由高速摄像头获取的检测对象区域的彩色图像的数据。运算装置50B的检测部54B使用利用获取部310获取的检测对象区域的信息,与第一实施方式、变形例同样地,求出检测对象区域的状态。

[0725] 形状测定部314与参照图27的(a)说明的情况同样地,向材料层投影具有的正弦波状的强度分布的投影光,获取投影了投影光的材料层中的至少一部分的区域的图像数据。此外,在例如利用立体摄影机等求出材料层的状态的情况下,形状测定部314也可以不具有投影部60。

[0726] 运算部56B和判断部57B与第一实施方式以及变形例(1)、第二实施方式同样地,生成用于改变造型条件的变更信息。所生成的变更信息作为与状态信息或者/以及材料层的状态有关的信息,通过输出部55B从检测系统500B向设定部59输出。设定部59所具有的材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53中的至少一个按照所生成的变更信息,与第一实施方式以及变形例(1)、第二实施方式同样地,控制造型装置102的各构成的动作。此外,如图32的(a)所示,为了便于说明,将检测系统500B的检测部54B、输出部55B、运算部56B、判断部57B、存储部58和设定部59综合表示为由一个运算装置具备的构成。然而,检测系统500B的检测部54B、输出部55B、运算部56B、判断部57B、存储部58和设定部59也可以设于不同的运算装置。

[0727] 此外,如图32的(b)所示,检测系统501B具有:图31示出的造型光学部37中的获取部310以及形状测定部314;第三实施方式的运算装置50B中的检测部54B以及输出部55B。在该情况下,造型装置102具有检测系统501B、图31示出的运算装置50B所具有的设定部69B、框体10、材料层形成部20、造型部30中的获取部310以及形状测定部314以外的构成。

[0728] 获取部310与图32的(a)的情况同样地,获取检测对象区域的信息。形状测定部314与图32的(a)的情况同样地,获取材料层中的至少一部分的区域的图像数据。检测部54B使用该检测对象区域的信息,与第一实施方式或变形例同样地,使用来自获取部310的图像数据求出检测对象区域的状态。检测部54B与第二实施方式同样地,使用来自形状测定部314的图像数据求出材料层的状态。输出部55B将由检测部54B求出的检测对象区域的状态自身的信息作为状态信息并输出至设定部69B。另外,输出部55B将由检测部54B求出的与材料层的状态自身有关的信息作为与材料层的状态有关的信息,并输出孩子设定部69B。设定部69B的运算部56B和判断部57B与第一实施方式以及变形例、第二实施方式同样地,生成用于改变造型条件的变更信息。设定部69B所具有的材料控制部51、造型控制部52以及框体控制部53中的至少一个按照所生成的变更信息,与第一实施方式以及变形例、第二实施方式同样地,控制造型装置102的各构成的动作。此外,如图32的(b)所示,为了便于说明,将检测系统501B的检测部54B以及输出部55B和设定部69B综合表示为由一个运算装置所具有的构成。然而,检测系统501B的检测部54B以及输出部55B和设定部69B也可以设于不同的运算装置。

[0729] 另外,运算部56B也可以取代进行变更信息的生成和修正信息的生成,而仅进行变更信息的生成。另外,运算部56B也可以相对激光的条件、扫描条件、与框体10的内部的环境气体相关联的条件、材料层形成条件、支承部条件、设计数据、与粉末材料P相关联的条件的至少一个造型条件生成变更信息。

[0730] 另外,造型装置102也可以作为造型条件的变更而进行实时变更、下一层造型时变更以及下一造型物造型时变更中的至少一个。

[0731] 根据上述的第三实施方式,得到与第一实施方式以及第二实施方式得到的作用效果相同的作用效果。

[0732] 可以将用于供在上述的第一实施方式和其变形例、第二实施方式和其变形例、第三实施方式和其变形例中说明的运算装置50、50A、50B执行的程序记录于可由计算机读取的记录介质,并使计算机系统读入该程序,以执行上述的处理。此外,在此所说的计算机系统可以包括OS(Operating System:操作系统)、周边设备等硬件。

[0733] 此外,上述计算机系统也包括利用了WWW系统的主页提供环境(或者显示环境)。另外,上述可由计算机读取的记录介质是指软盘、光磁盘、ROM、快闪存储器等可写入的非易失性存储器、CD-ROM等可搬介质、内置于计算机系统的硬盘等的存储装置。而且,上述可由计算机读取的记录介质包括在经由互联网等网络、电话专线等通信专线发送程序的情况下的服务器、客户的计算机系统内部的易失性存储器(例如DRAM(Dynamic Random Access Memory:动态随机存取存储器))这种以一定时间保持程序的介质。

[0734] 上述程序也可以从将该程序保存于存储装置等的计算机系统经由传输介质、或者利用传输介质中的传输波传输至其他计算机系统。在此,传输程序的传输介质是指,具有向互联网等网络(通信网)、电话专线等通信专线(通信线)这种传输信息的功能的介质。另外,

上述程序可以用于实现上述功能的一部分的程序。而且,也可以为能够利用与已经记录在计算机系统中的程序的组合实现上述的功能的、所谓差异文件(差异程序)。

[0735] 只要不影响本发明的特征,本发明不限于上述实施方式,在本发明的技术的思想的范围内可想到的其他方式也包含在本发明的范围内。

[0736] 附图标记说明

[0737] 1、101、102…造型装置、10…框体、

[0738] 14…排气装置、20…材料层形成部、

[0739] 22…刮涂机、30…造型部、

[0740] 32…照射部、33…扫描部、

[0741] 35、36、37…造型光学部

[0742] 41…摄像装置、50、50A、50B…运算装置、

[0743] 54、54A、54B…检测部、55、55A、55B…输出部、

[0744] 56、56A、56B…运算部、57、57A、57B…判断部、59、69、69A、69B…设定部60…投影部、70…受光部、

[0745] 221…叶片、310…获取部、

[0746] 314…形状测定部、331…底板500、500A、500B、501、501A、501B…检测系统。

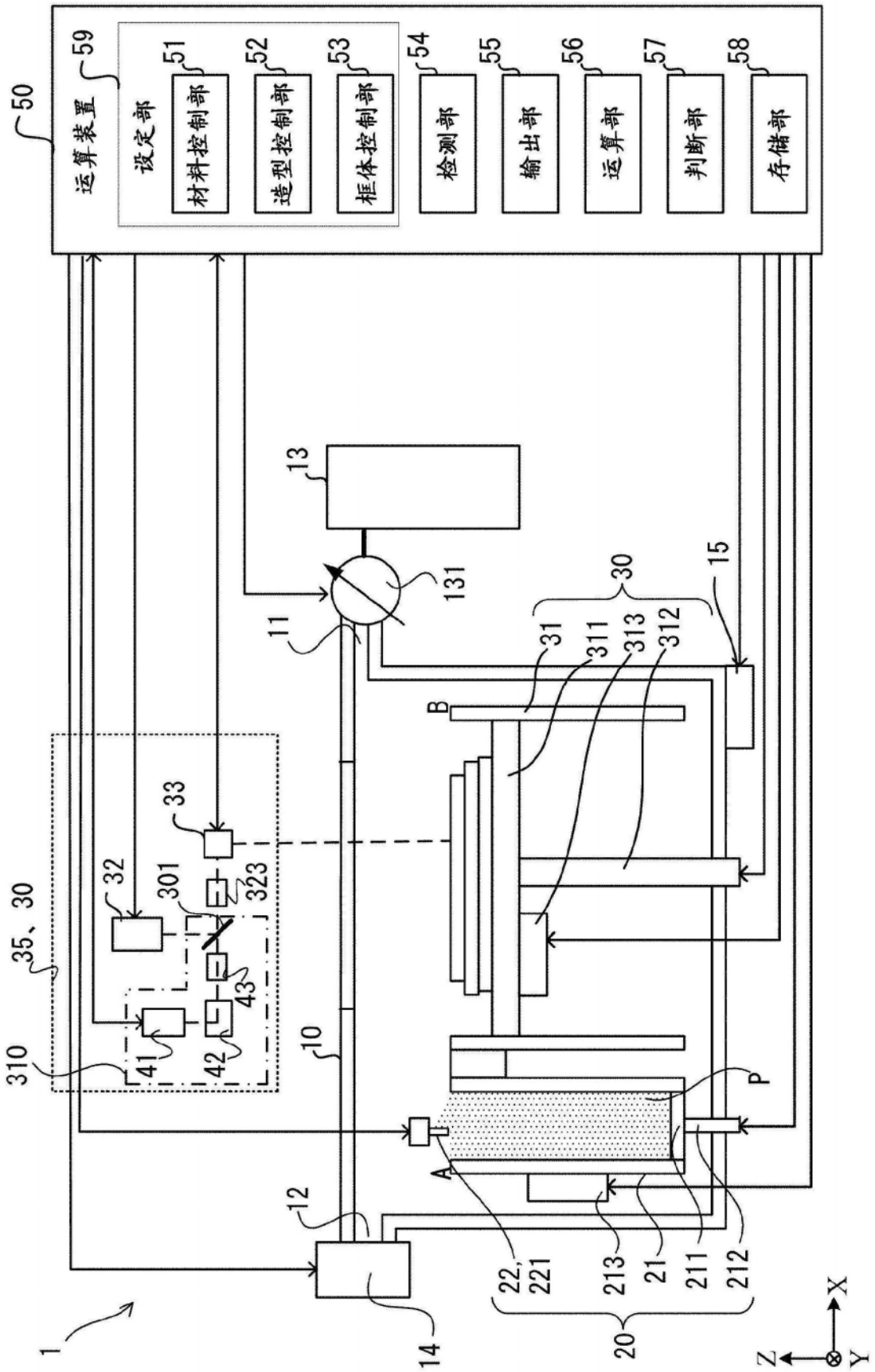

50
运算装置
59
设定部
51
材料控制部
52
造型控制部
53
框体控制部
54
检测部
55
输出部
56
运算部
57
判断部
58
存储部
13
131
11
30
15
31
311
313
312
B
33
32
301
323
35、30
43
41
42
310
10
P
A
12
14
22,
221
213
21
211
212
20
1
X
Y
Z

图1

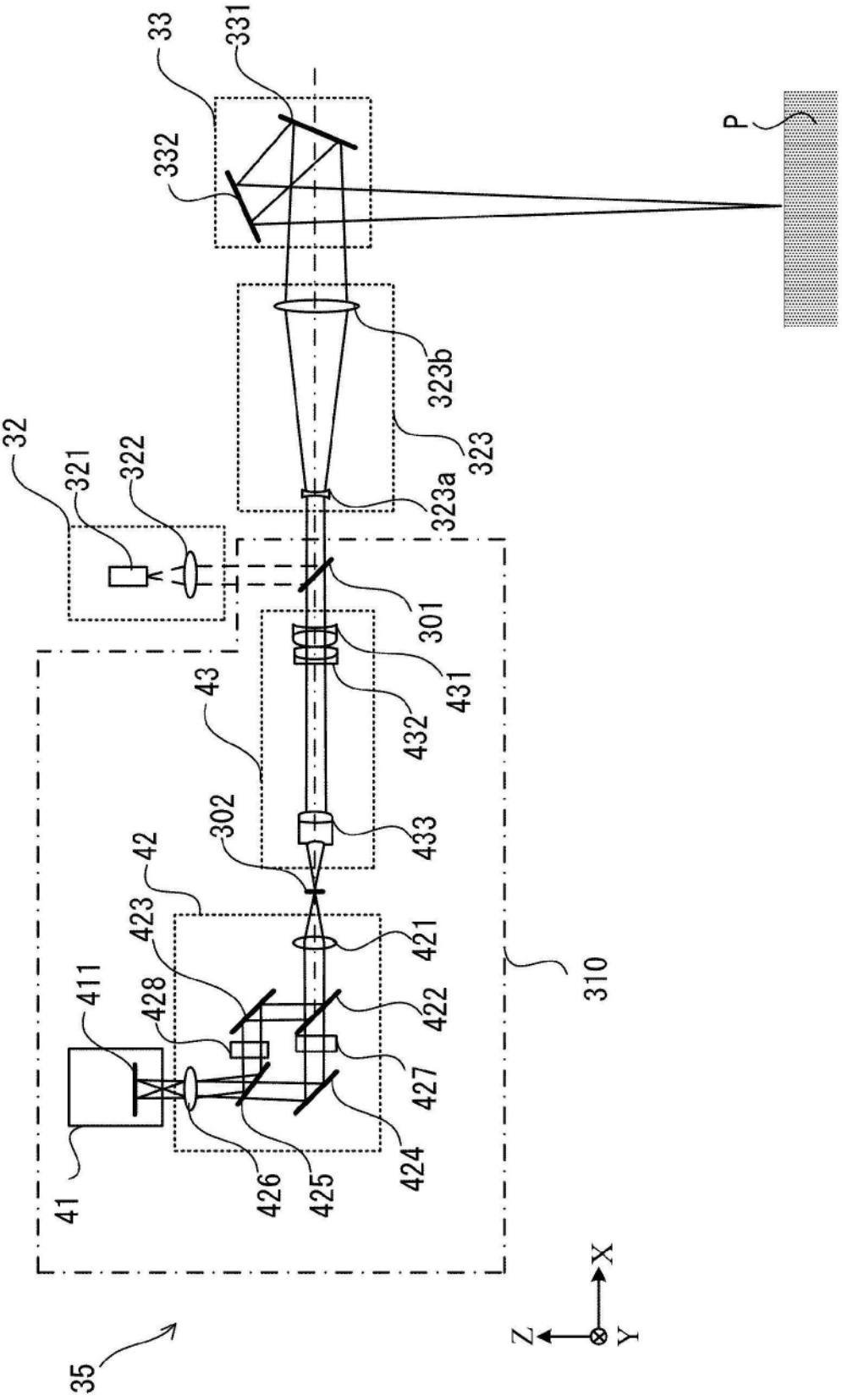

33
331
332
P
323b
323
323a
32
321
322
301
431
432
43
433
302
42
423
421
310
411
428
422
427
41
426
425
424
35
X
Z
Y

图2

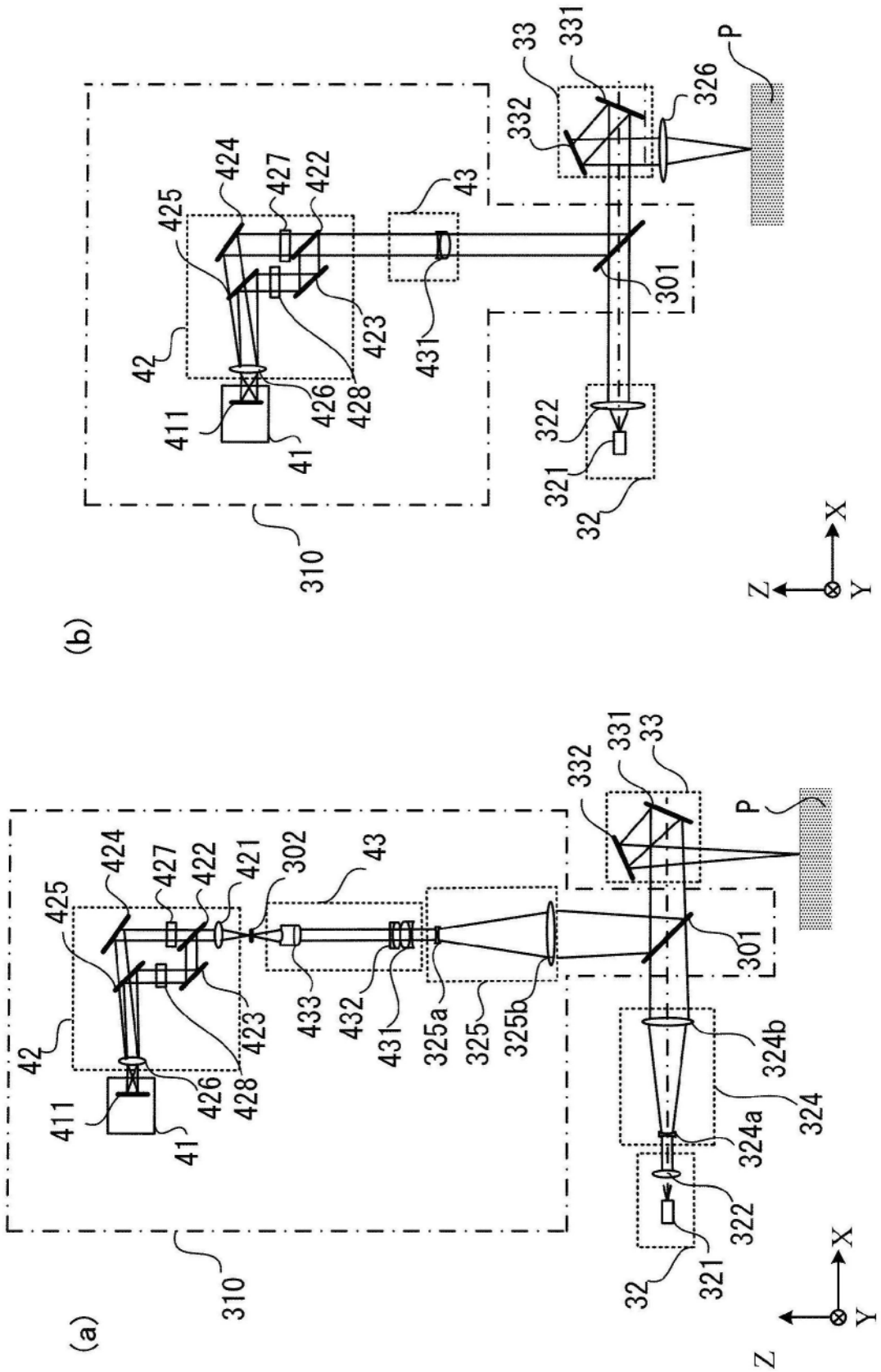

(b)
310
42
411
41
425
424
427
422
423
426
428
43
431
301
33
331
332
326
P
322
321
32
X
Y
Z
(a)
310
42
411
41
425
424
427
422
421
423
426
428
302
43
433
432
431
325a
325
325b
301
332
331
33
P
324b
324
324a
322
321
32
X
Y
Z

图3

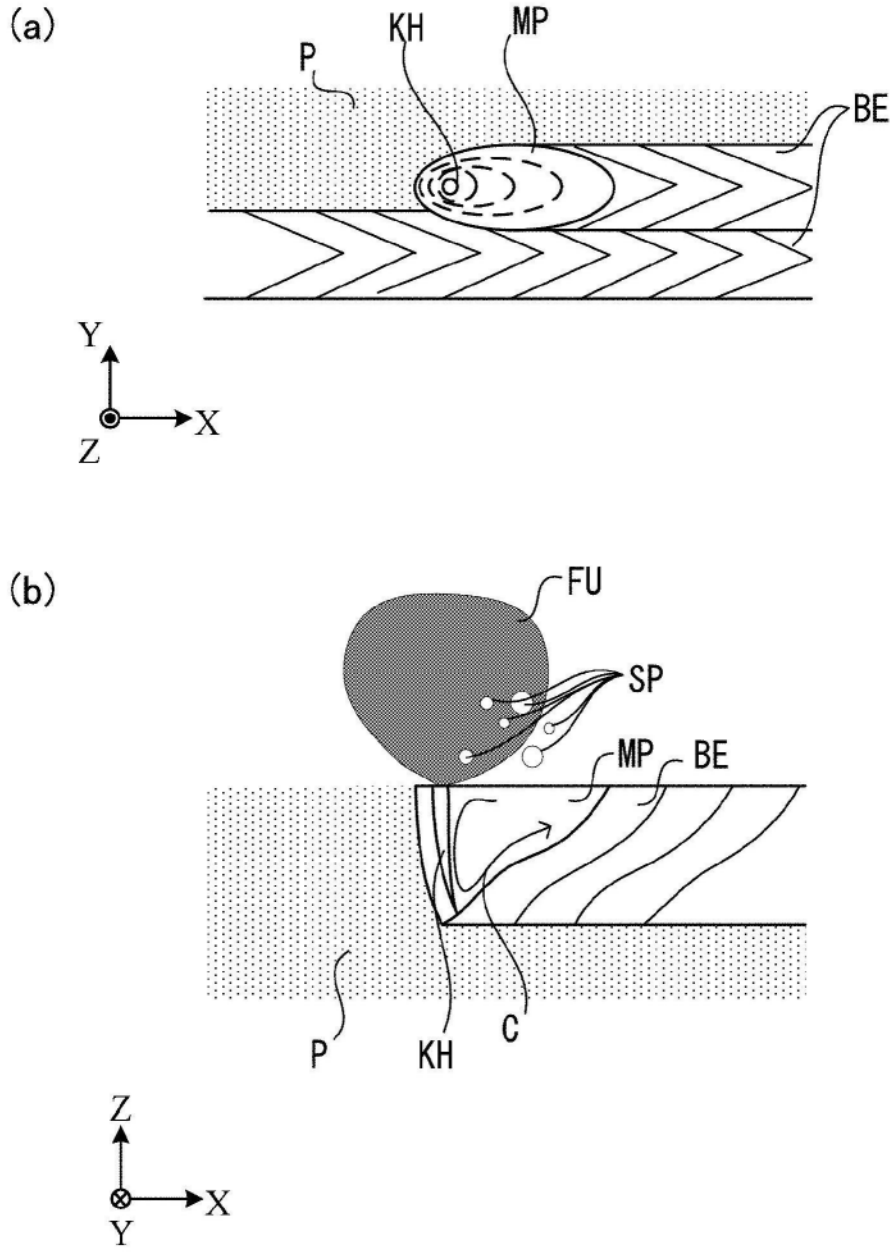


图4

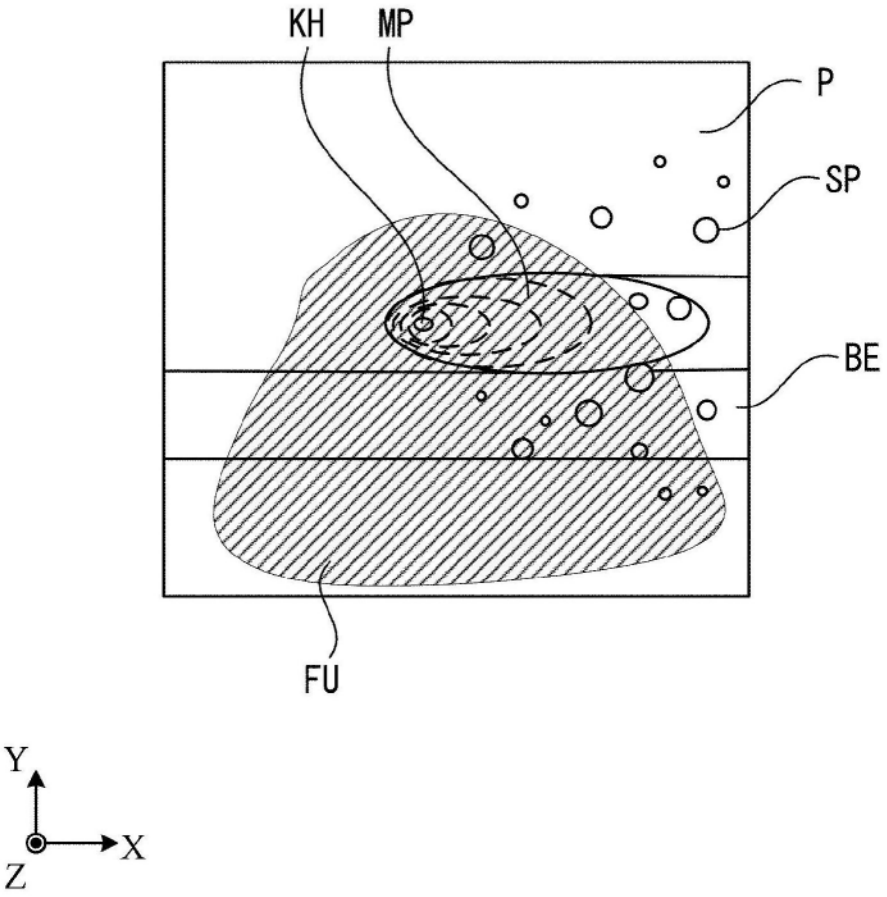


图5

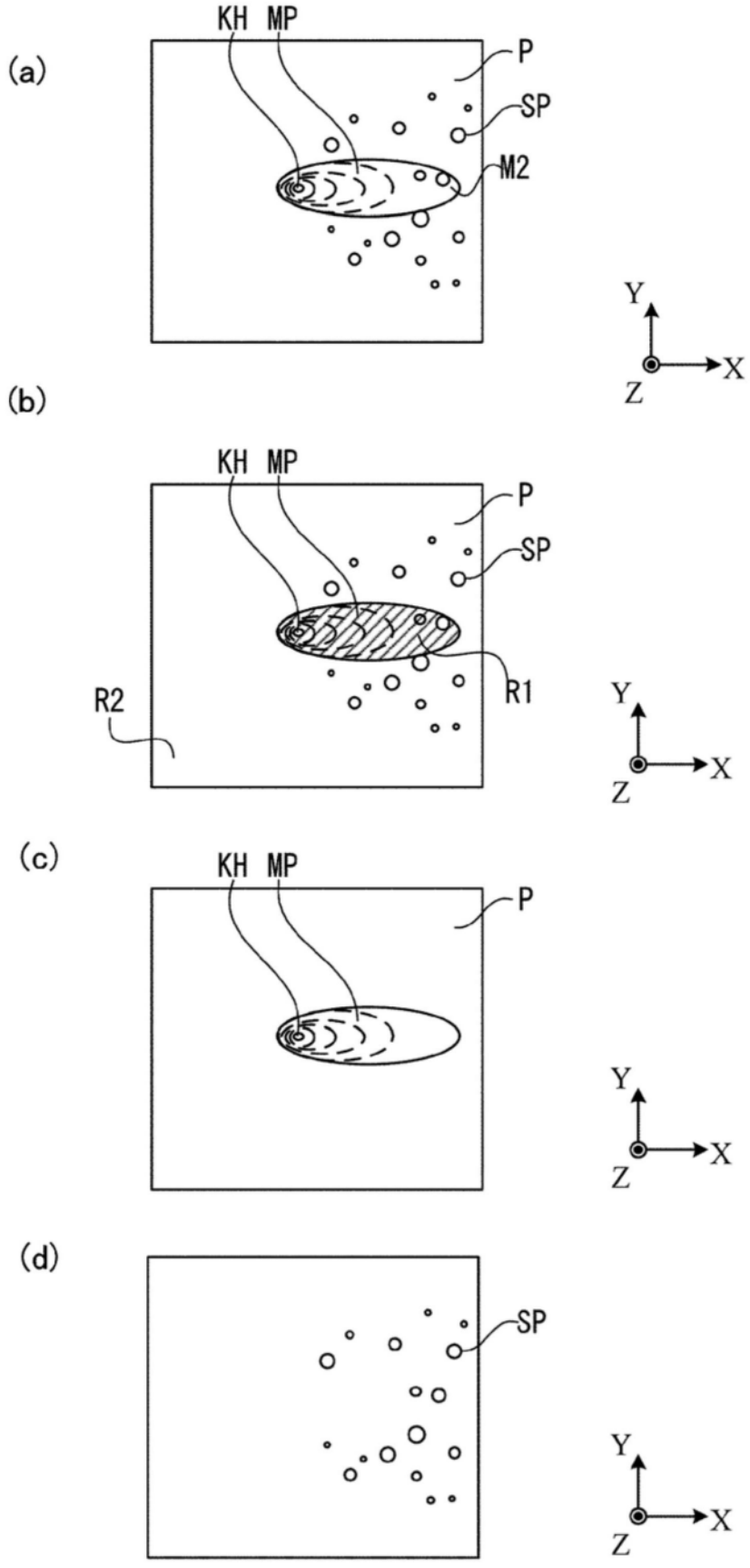


图6

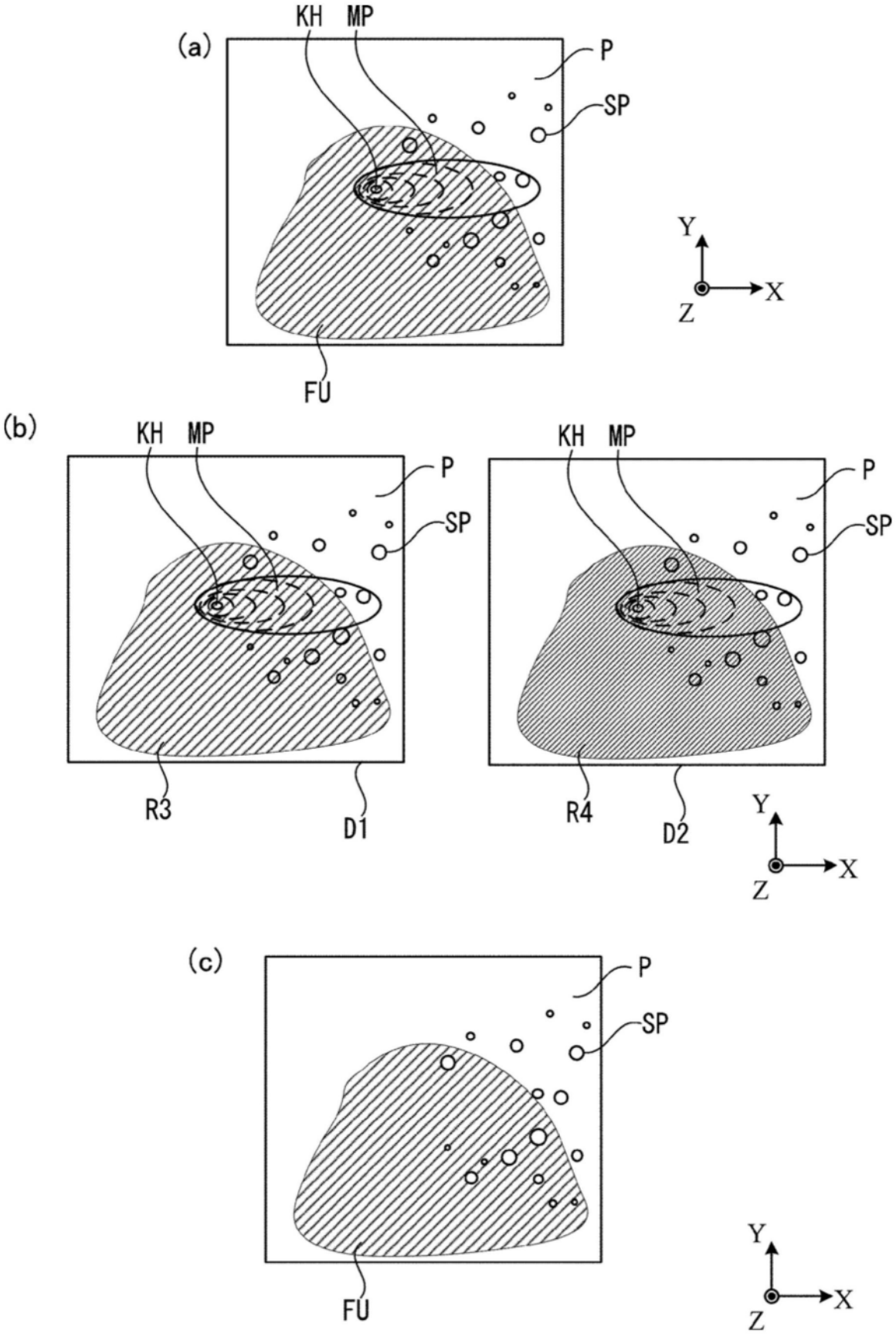


图7

造型条件		功率密度PD	能量密度ED	温度分布T(r)	关联参数	备注
照射部	激光输出	○	○	○	P_L	实时变更、下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
	波长	○	○		η	下一造型物造型时变更
	强度分布	○	○	○	d	实时变更、下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
	光斑尺寸	○	○	○	d	实时变更、下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
扫描部	扫描速度	○	○	○	v	实时变更、下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
	扫描间距	○	○	○	η、Δy	实时变更、下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
	扫描路径	○	○	○	P_0	实时变更、下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
框体内环境气体	非活性气体流量	○	○	○	P_0、η	实时变更、下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
	非活性气体流速	○	○	○	P_0、η	实时变更、下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
	框体内温度	○	○	○	P_0	下一层造型时变更、下一造型物造型时变更

图8

造型条件		功率密度PD	能量密度ED	温度分布T(r)	关联参数	备注
叶片	移动速度		○	○	Δz、ρ、k、α	下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
	对粉末材料施加的压力		○	○	Δz、ρ、k、α	下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
	待机时间	○	○	○	P_0	下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
	叶片形状		○	○	Δz、ρ、k、α	下一造型物造型时变更
	叶片材质		○	○	Δz、ρ、k、α	下一造型物造型时变更
	层叠厚度		○		Δz	下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
底板	基板温度	○	○	○	P_0	下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
设计数据	切片模型数据	○	○	○	Δz	下一造型物造型时变更
	支承部的形状数据		○	○	P_0	下一造型物造型时变更
粉末材料	粒径/粒度分布		○	○	Δz、ρ、k、α	下一造型物造型时变更
	吸湿度	○	○	○	Δz、k、α	下一层造型时变更、下一造型物造型时变更
	种类		○	○	Δz、ρ、k、α	下一造型物造型时变更

图9

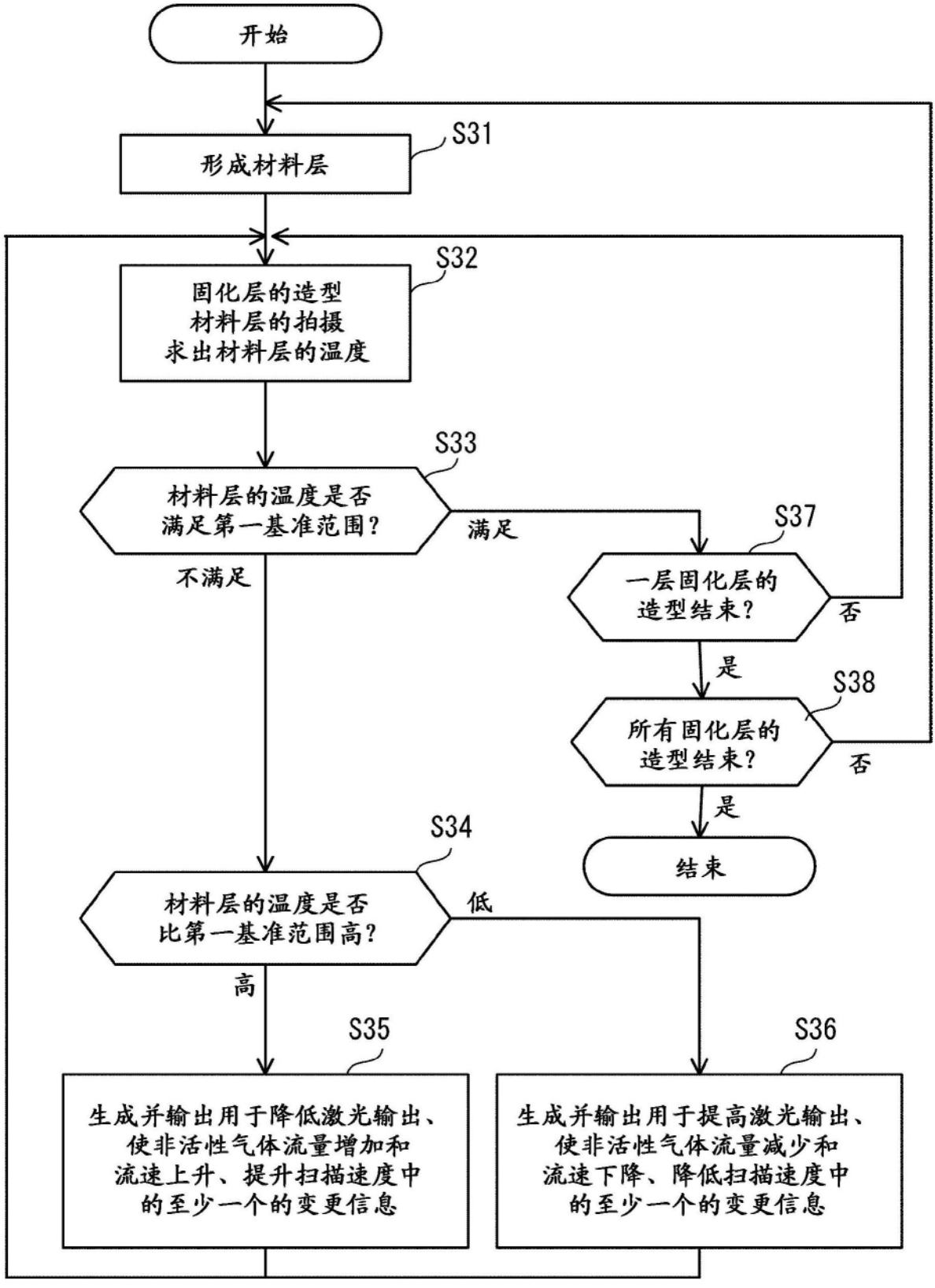

开始
S31
形成材料层
S32
固化层的造型
材料层的拍摄
求出材料层的温度
S33
材料层的温度是否
满足第一基准范围?
满足
不满足
S37
一层固化层的
造型结束?
否
是
S38
所有固化层的
造型结束?
否
是
结束
S34
材料层的温度是否
比第一基准范围高?
低
高
S35
生成并输出用于降低激光输出、
使非活性气体流量增加和
流速上升、提升扫描速度中
的至少一个的变更信息
S36
生成并输出用于提高激光输出、
使非活性气体流量减少和
流速下降、降低扫描速度中
的至少一个的变更信息

图10

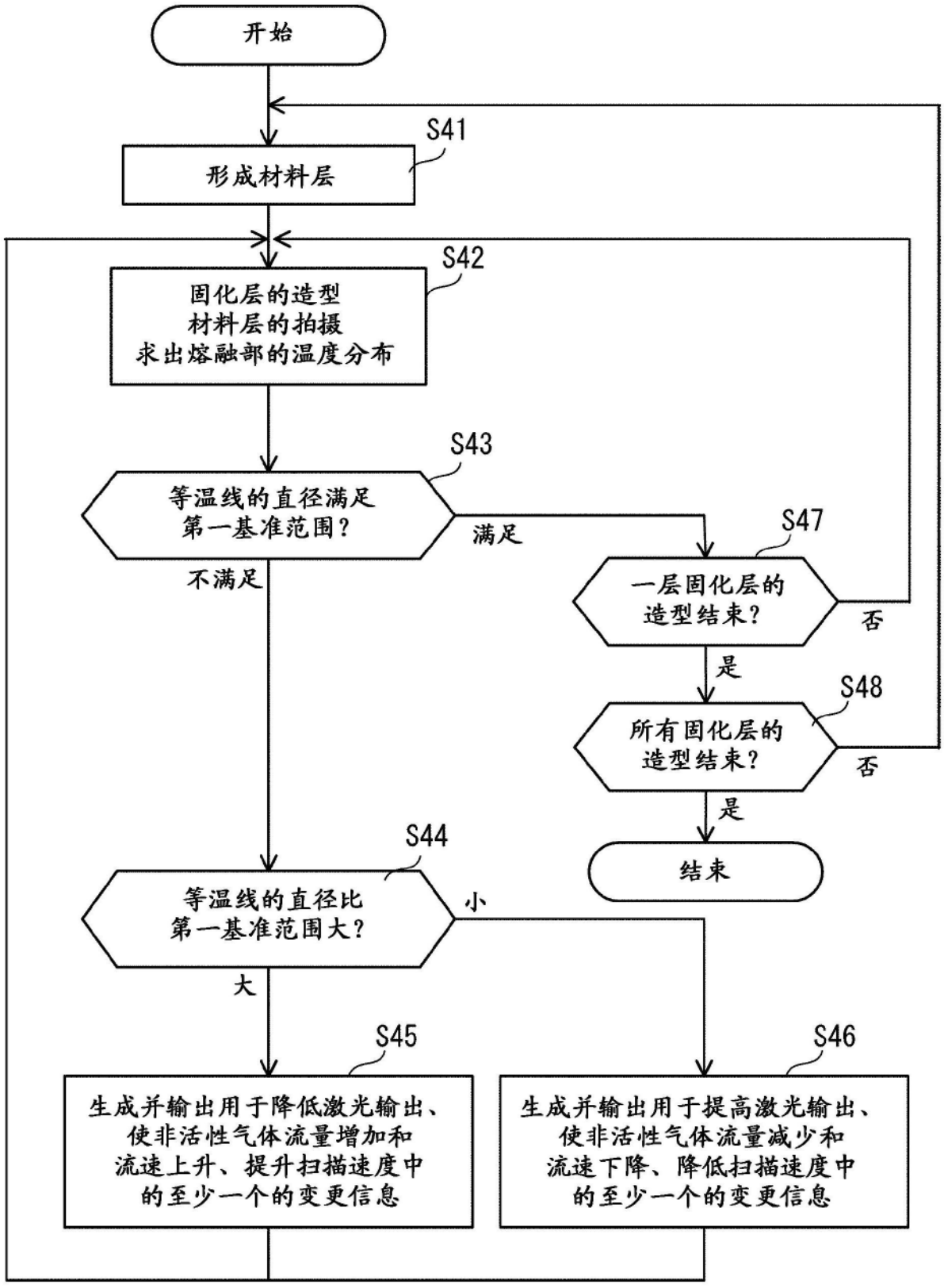

开始
S41
形成材料层
S42
固化层的造型
材料层的拍摄
求出熔融部的温度分布
S43
等温线的直径满足
第一基准范围？
满足
不满足
S47
一层固化层的
造型结束？
否
是
S48
所有固化层的
造型结束？
否
是
结束
S44
等温线的直径比
第一基准范围大？
小
大
S45
生成并输出用于降低激光输出、
使非活性气体流量增加和
流速上升、提升扫描速度中
的至少一个的变更信息
S46
生成并输出用于提高激光输出、
使非活性气体流量减少和
流速下降、降低扫描速度中
的至少一个的变更信息

图11

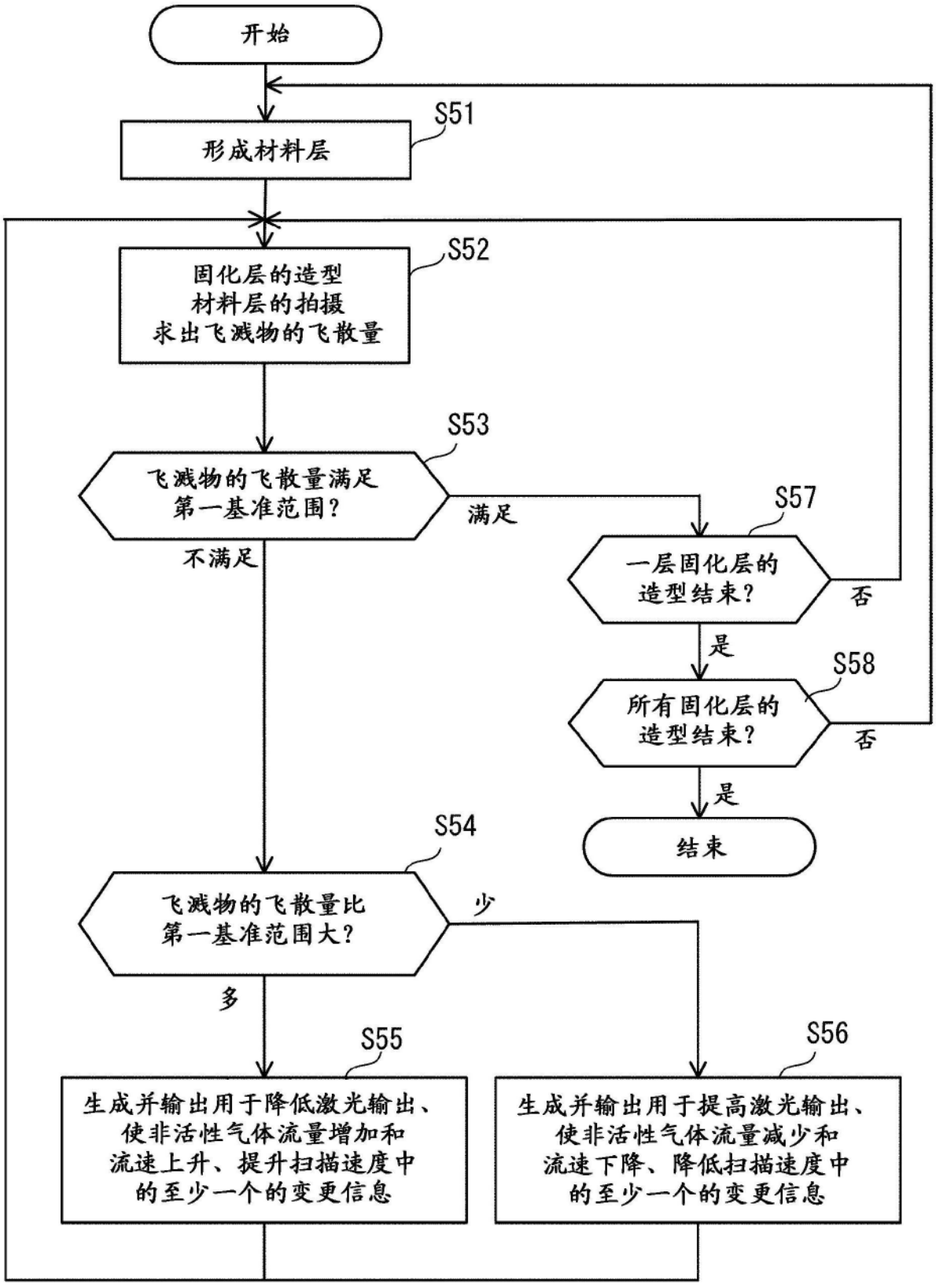

开始
S51
形成材料层
S52
固化层的造型
材料层的拍摄
求出飞溅物的飞散量
S53
飞溅物的飞散量满足
第一基准范围?
满足
不满足
S57
一层固化层的
造型结束?
否
是
S58
所有固化层的
造型结束?
否
是
结束
S54
飞溅物的飞散量比
第一基准范围大?
少
多
S55
生成并输出用于降低激光输出、
使非活性气体流量增加和
流速上升、提升扫描速度中
的至少一个的变更信息
S56
生成并输出用于提高激光输出、
使非活性气体流量减少和
流速下降、降低扫描速度中
的至少一个的变更信息

图12

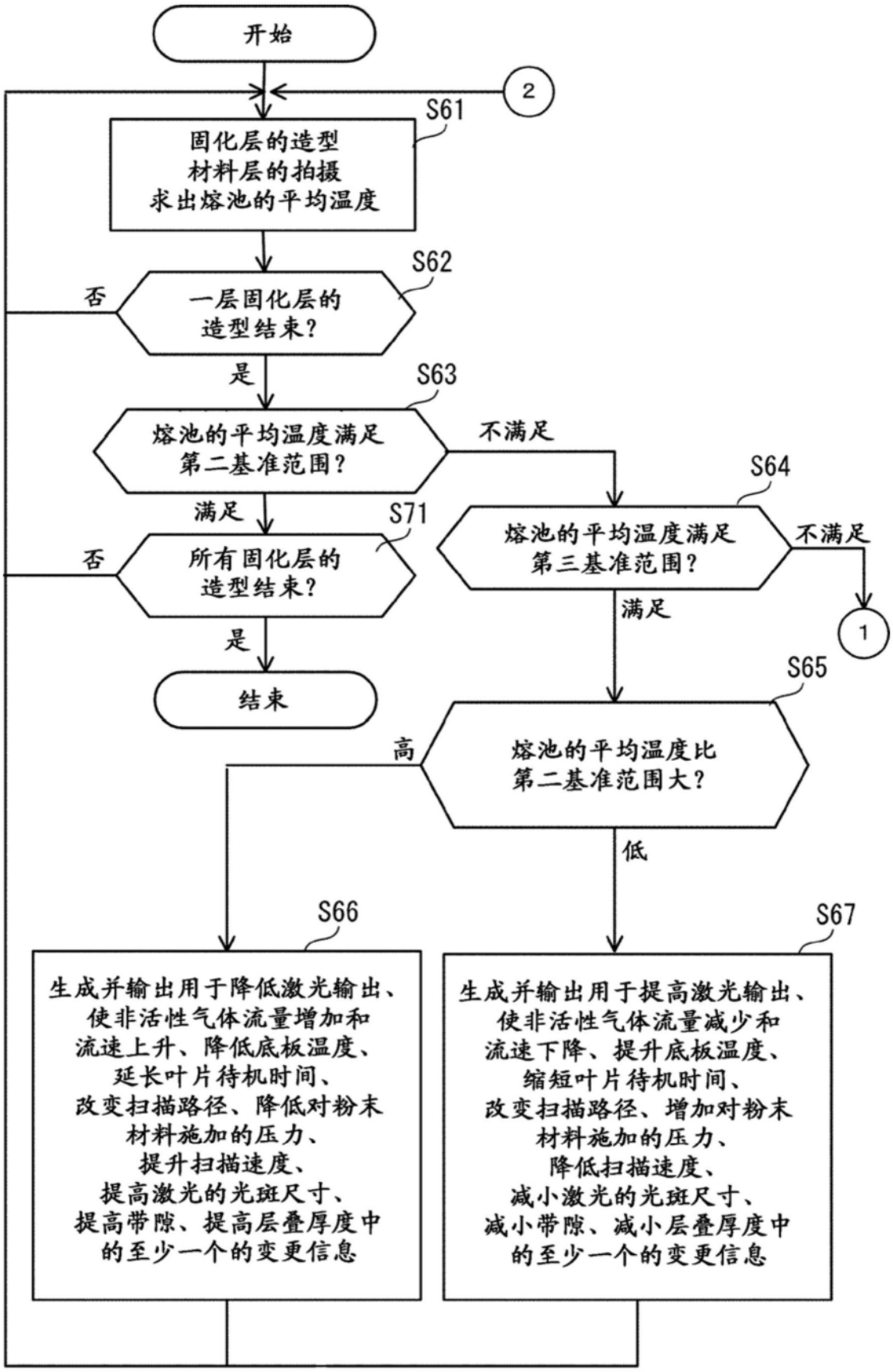

开始
2
S61
固化层的造型
材料层的拍摄
求出熔池的平均温度
S62
否
一层固化层的
造型结束?
是
S63
熔池的平均温度满足
第二基准范围?
不满足
S64
满足
S71
熔池的平均温度满足
第三基准范围?
不满足
否
所有固化层的
造型结束?
满足
1
是
结束
S65
高
熔池的平均温度比
第二基准范围大?
低
S66
S67
生成并输出用于降低激光输出、
使非活性气体流量增加和
流速上升、降低底板温度、
延长叶片待机时间、
改变扫描路径、降低对粉末
材料施加的压力、
提升扫描速度、
提高激光的光斑尺寸、
提高带隙、提高层叠厚度中
的至少一个的变更信息
生成并输出用于提高激光输出、
使非活性气体流量减少和
流速下降、提升底板温度、
缩短叶片待机时间、
改变扫描路径、增加对粉末
材料施加的压力、
降低扫描速度、
减小激光的光斑尺寸、
减小带隙、减小层叠厚度中
的至少一个的变更信息

图13

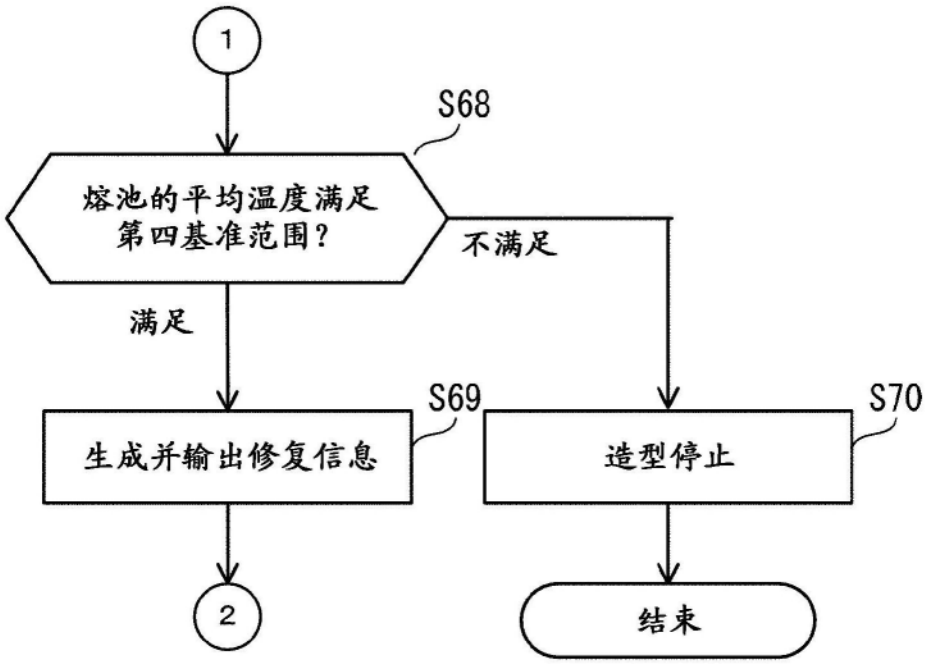


图14

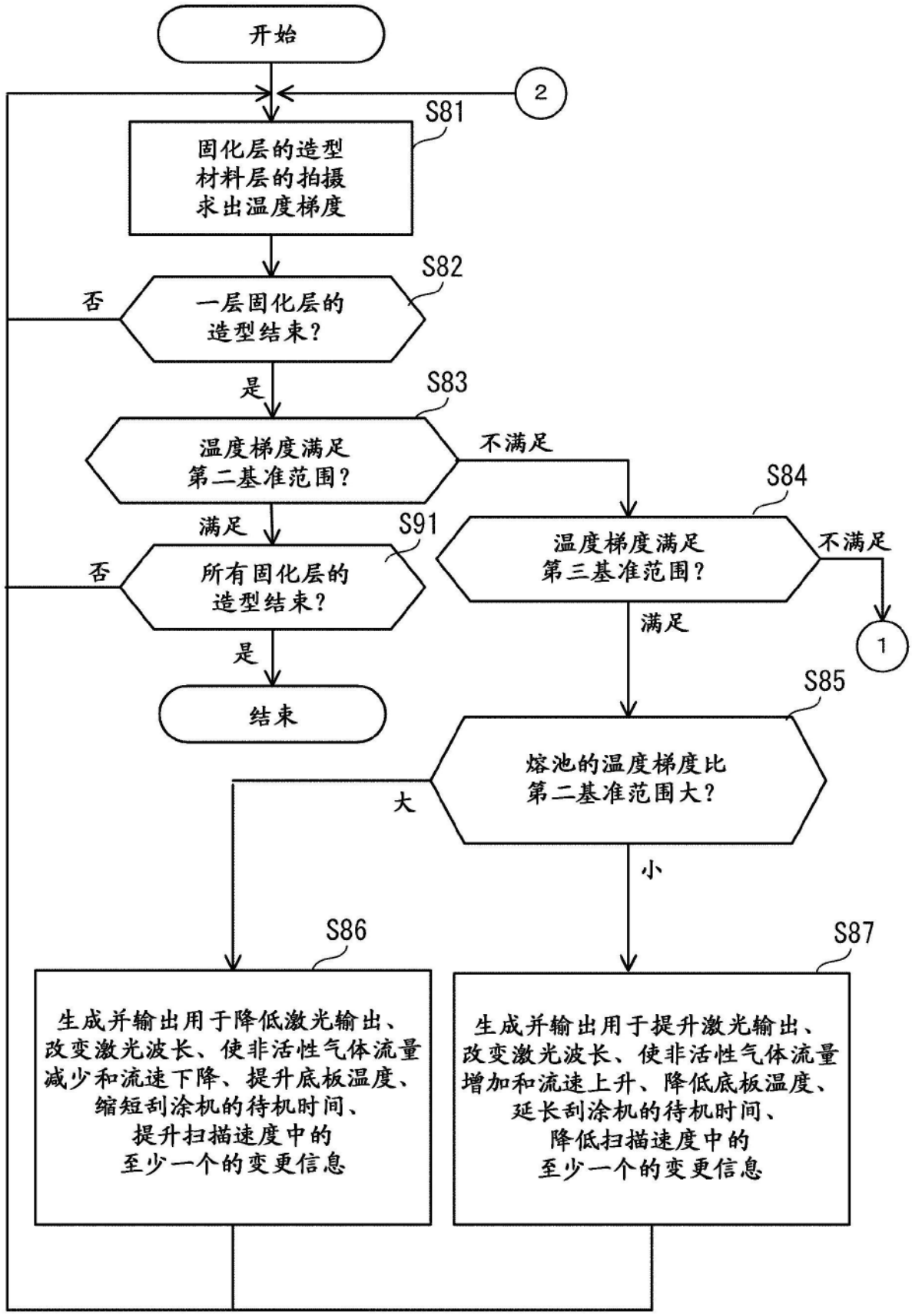

开始
2
S81
固化层的造型材料层的拍摄求出温度梯度
S82
否
一层固化层的造型结束？
是
S83
温度梯度满足第二基准范围？
不满足
S84
温度梯度满足第三基准范围？
不满足
1
满足
S91
否
所有固化层的造型结束？
是
结束
S85
熔池的温度梯度比第二基准范围大？
大
小
S86
生成并输出用于降低激光输出、改变激光波长、使非活性气体流量减少和流速下降、提升底板温度、缩短刮涂机的待机时间、提升扫描速度中的至少一个的变更信息
S87
生成并输出用于提升激光输出、改变激光波长、使非活性气体流量增加和流速上升、降低底板温度、延长刮涂机的待机时间、降低扫描速度中的至少一个的变更信息

图15

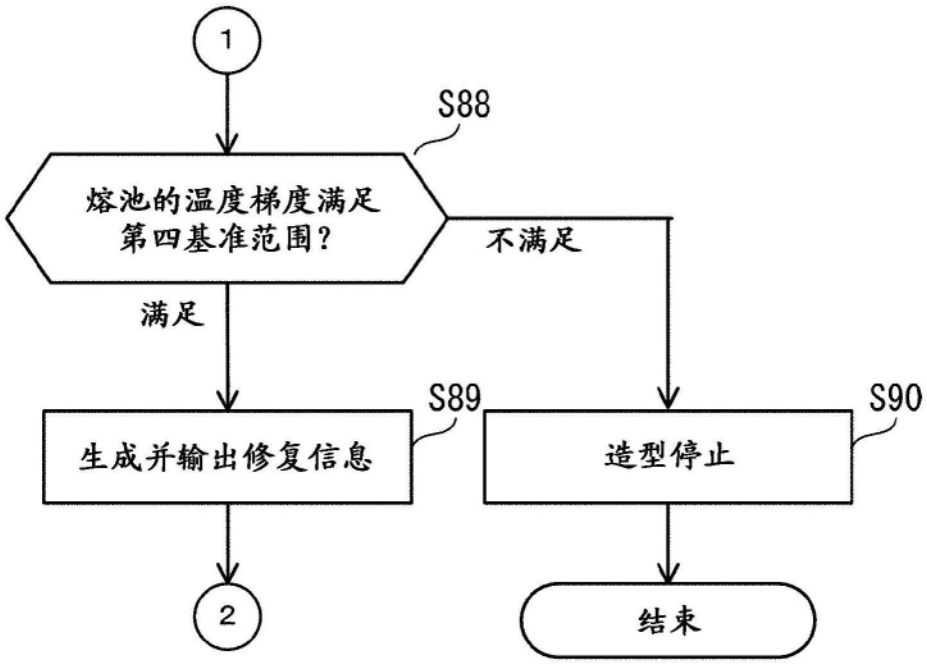


图16

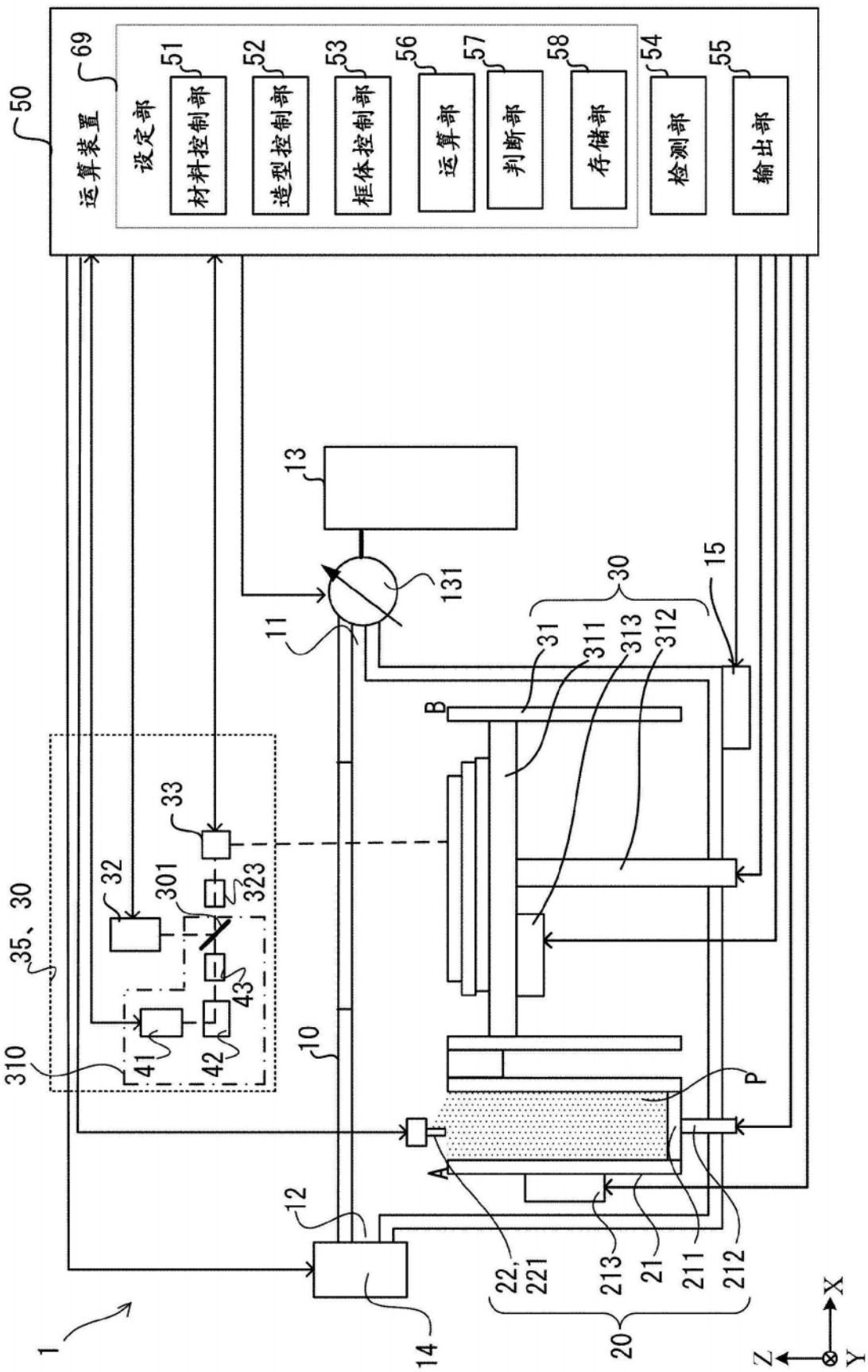

50
运算装置
69
设定部
51
材料控制部
52
造型控制部
53
框体控制部
56
运算部
57
判断部
58
存储部
54
检测部
55
输出部
13
131
11
30
15
31
311
313
312
B
33
32
301
323
35、30
43
41
42
310
10
P
A
12
14
22,
221
213
21
211
212
20
1
X
Y
Z

图17

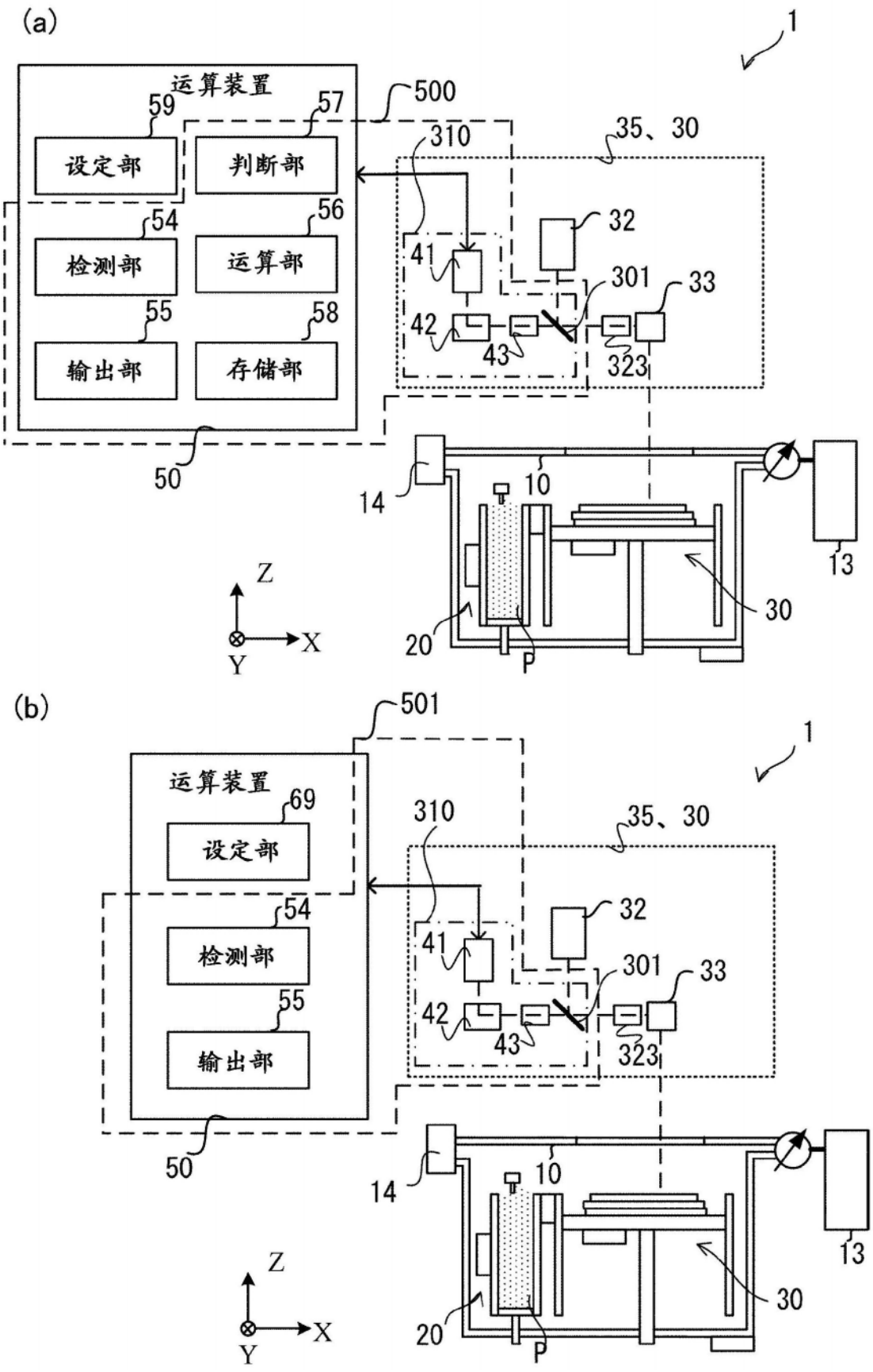

(a)
1
运算装置
59
57
500
设定部
判断部
310
35、30
54
56
32
检测部
运算部
41
301
33
55
58
42
43
323
输出部
存储部
50
14
10
13
Z
X
Y
20
30
P
(b)
501
1
运算装置
69
310
35、30
设定部
54
32
检测部
41
301
33
55
42
43
323
输出部
50
14
10
13
Z
X
Y
20
30
P

图18

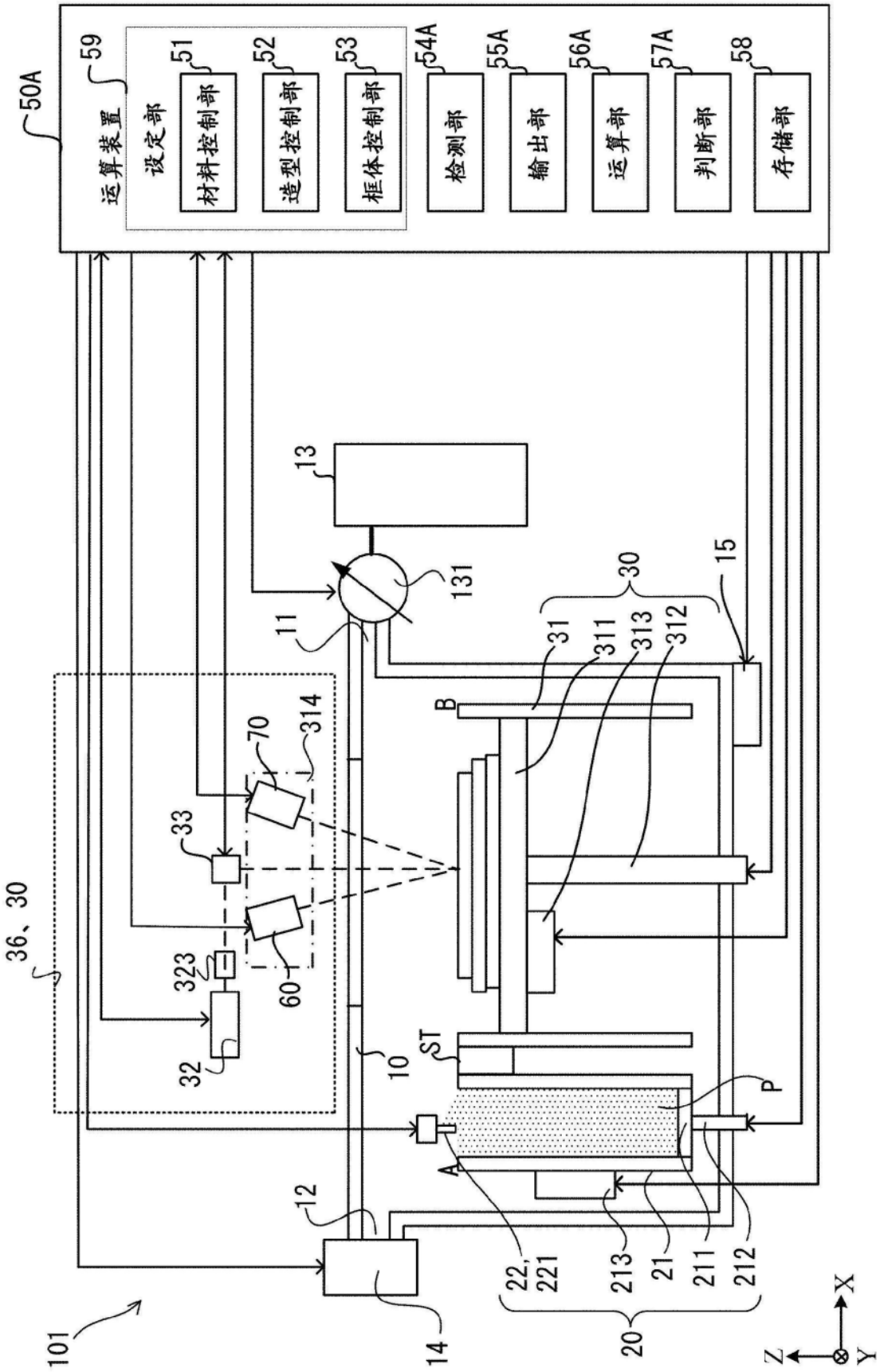

50A
运算装置
59
设定部
51
材料控制部
52
造型控制部
53
框体控制部
54A
检测部
55A
输出部
56A
运算部
57A
判断部
58
存储部
13
131
11
30
15
31
311
313
312
B
314
70
33
36、30
323
60
32
10
ST
P
A
12
22,
221
213
21
211
212
20
14
101
X
Y
Z

图19

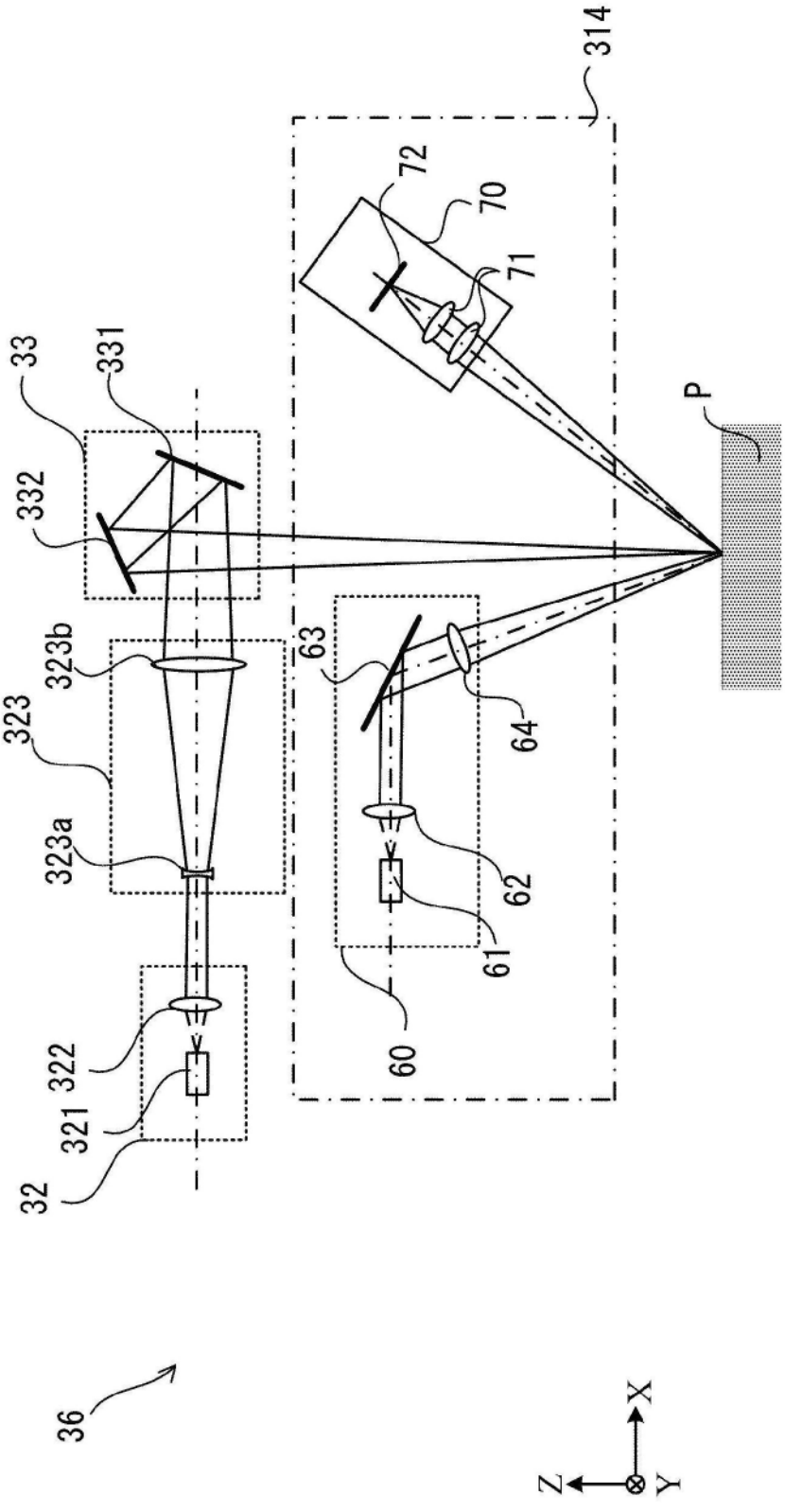

314
72
70
71
33
331
P
332
63
323b
64
323
323a
62
61
60
322
321
32
36
X
Z
Y

图20

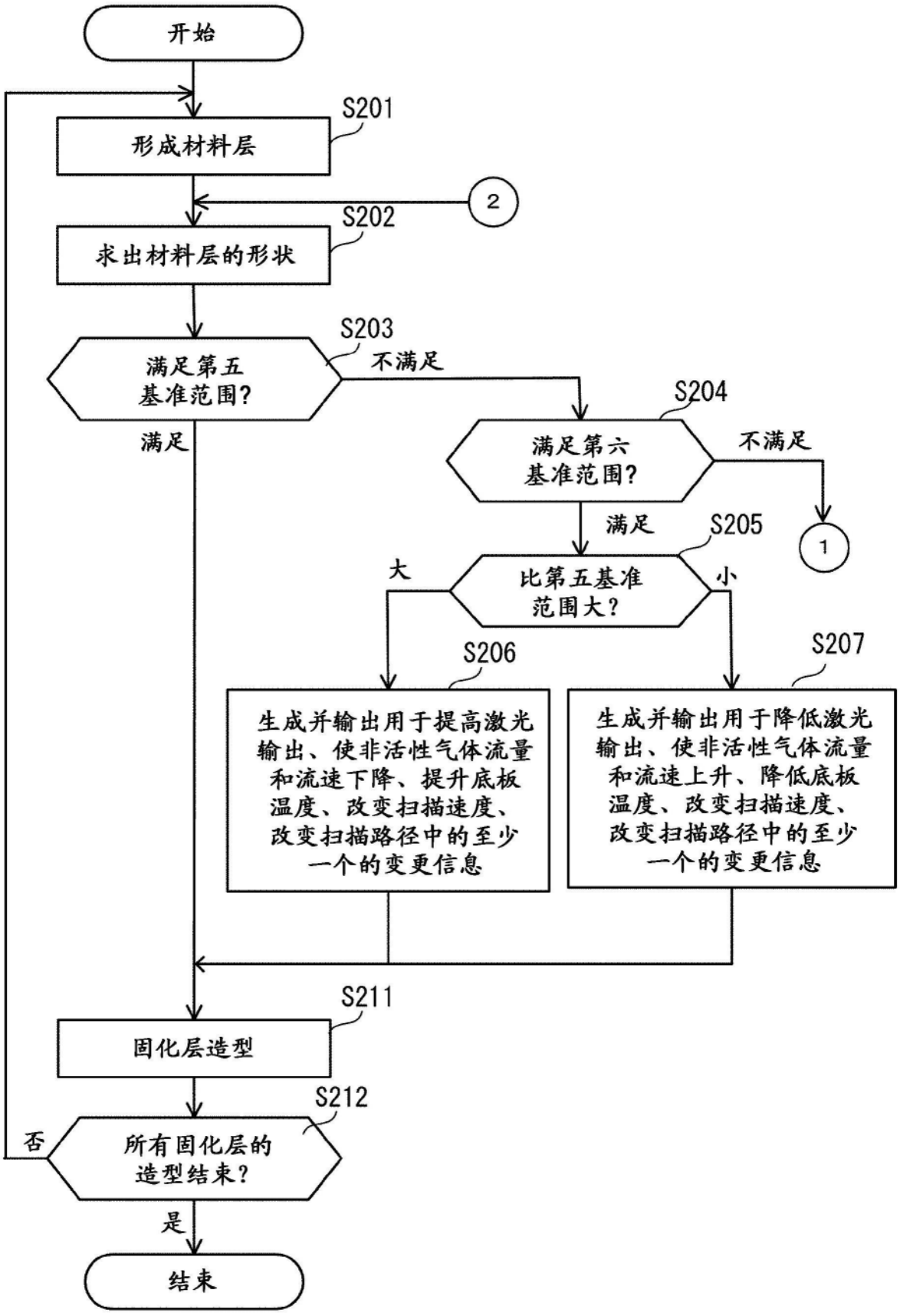

开始
S201
形成材料层
2
S202
求出材料层的形状
S203
满足第五基准范围?
不满足
满足
S204
满足第六基准范围?
不满足
满足
S205
1
大
比第五基准范围大?
小
S206
S207
生成并输出用于提高激光输出、使非活性气体流量和流速下降、提升底板温度、改变扫描速度、改变扫描路径中的至少一个的变更信息
生成并输出用于降低激光输出、使非活性气体流量和流速上升、降低底板温度、改变扫描速度、改变扫描路径中的至少一个的变更信息
S211
固化层造型
S212
否
所有固化层的造型结束?
是
结束

图21

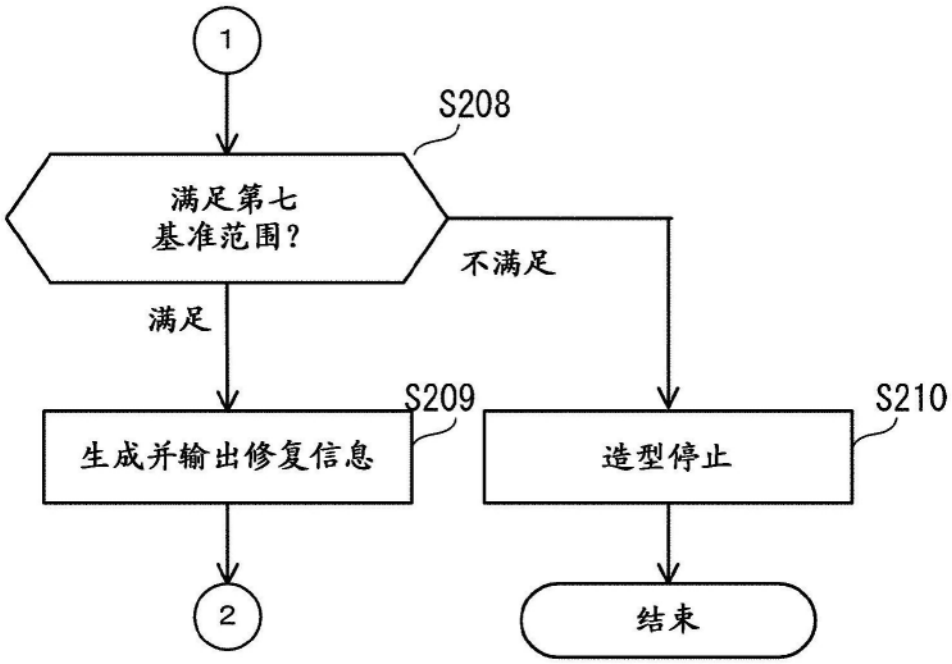


图22

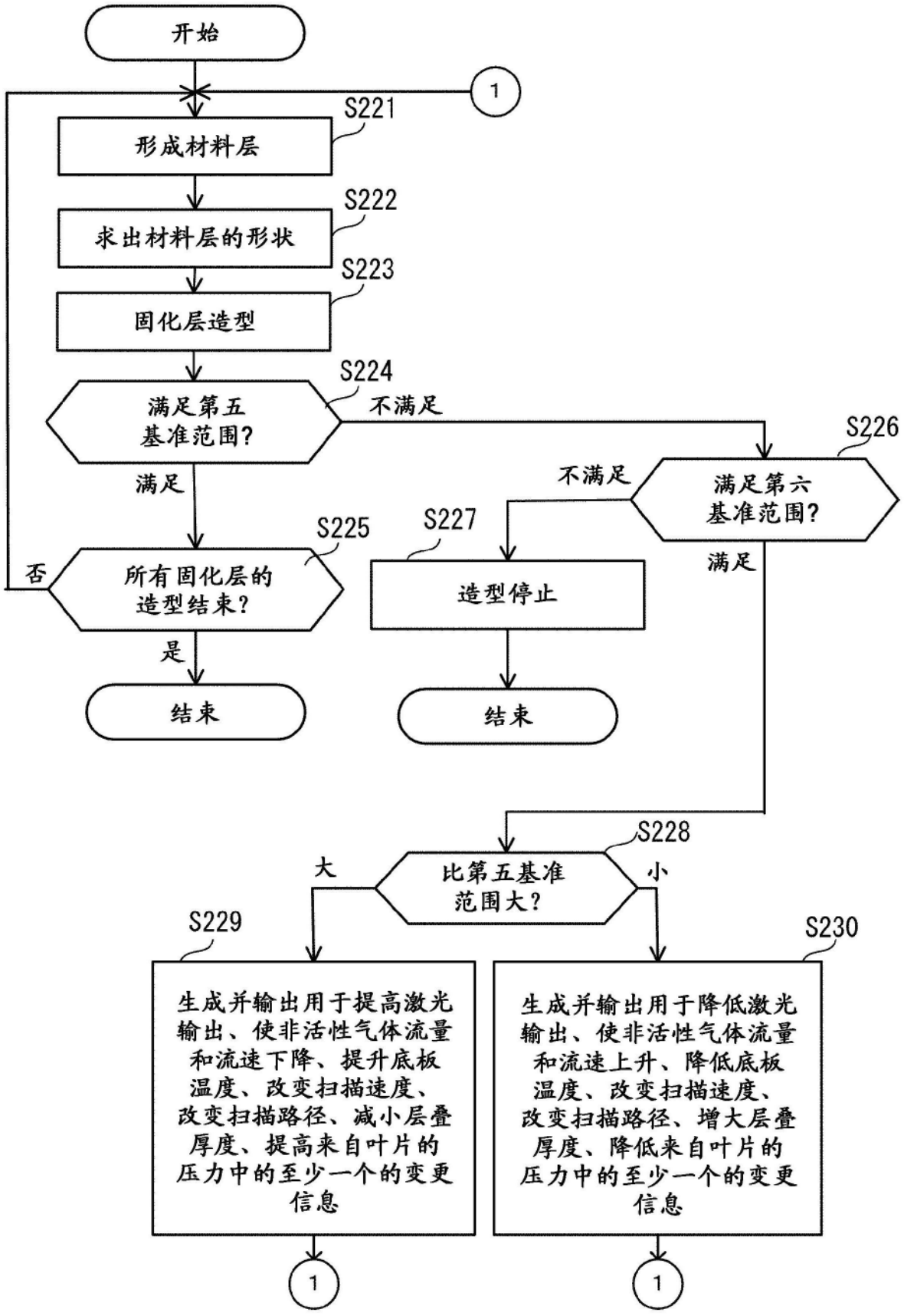

开始
1
S221
形成材料层
S222
求出材料层的形状
S223
固化层造型
S224
满足第五基准范围?
不满足
满足
S226
不满足
满足第六基准范围?
S225
S227
否
所有固化层的造型结束?
造型停止
满足
是
结束
结束
S228
大
比第五基准范围大?
小
S229
S230
生成并输出用于提高激光输出、使非活性气体流量和流速下降、提升底板温度、改变扫描速度、改变扫描路径、减小层叠厚度、提高来自叶片的压力中的至少一个的变更信息
生成并输出用于降低激光输出、使非活性气体流量和流速上升、降低底板温度、改变扫描速度、改变扫描路径、增大层叠厚度、降低来自叶片的压力中的至少一个的变更信息
1
1

图23

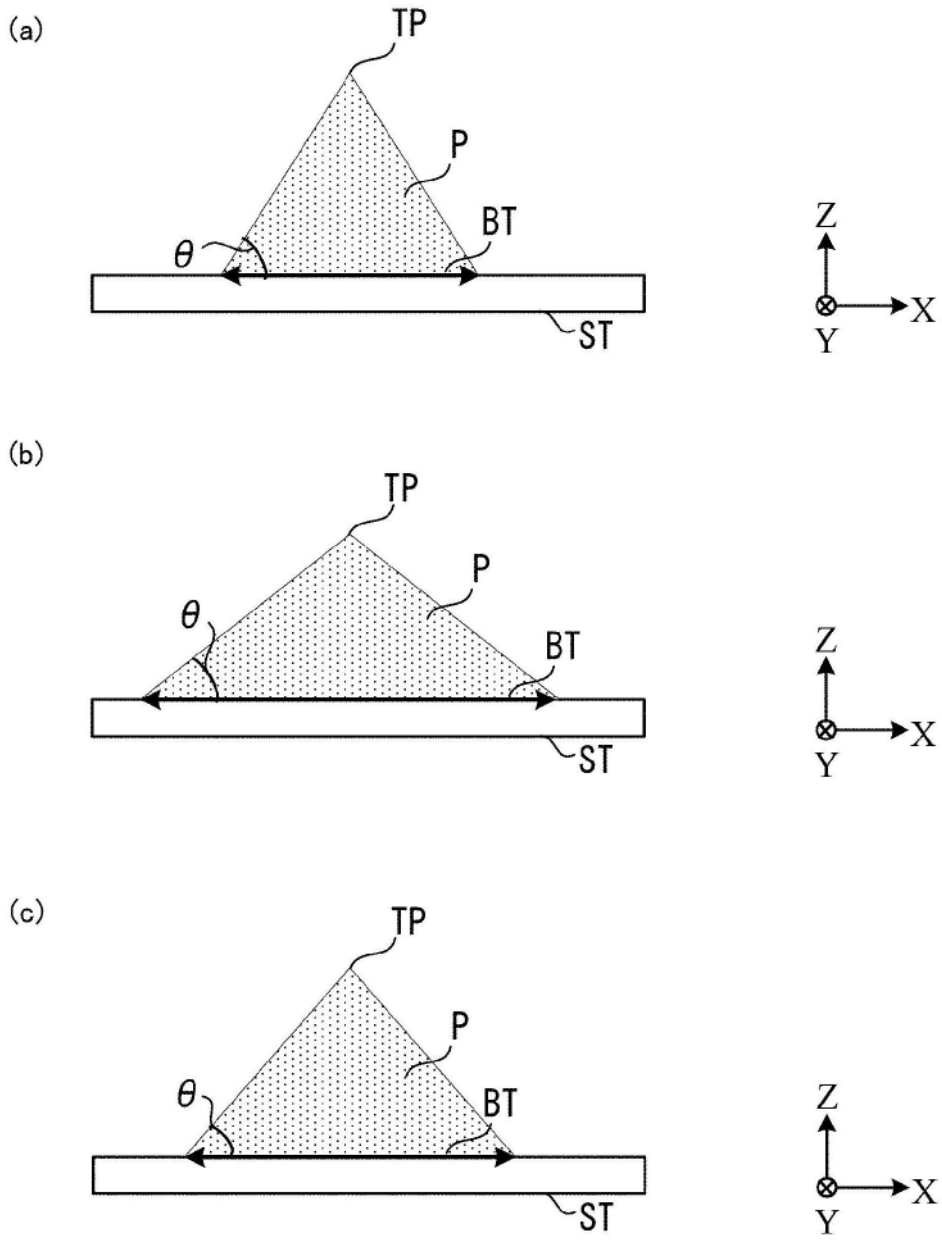


图24

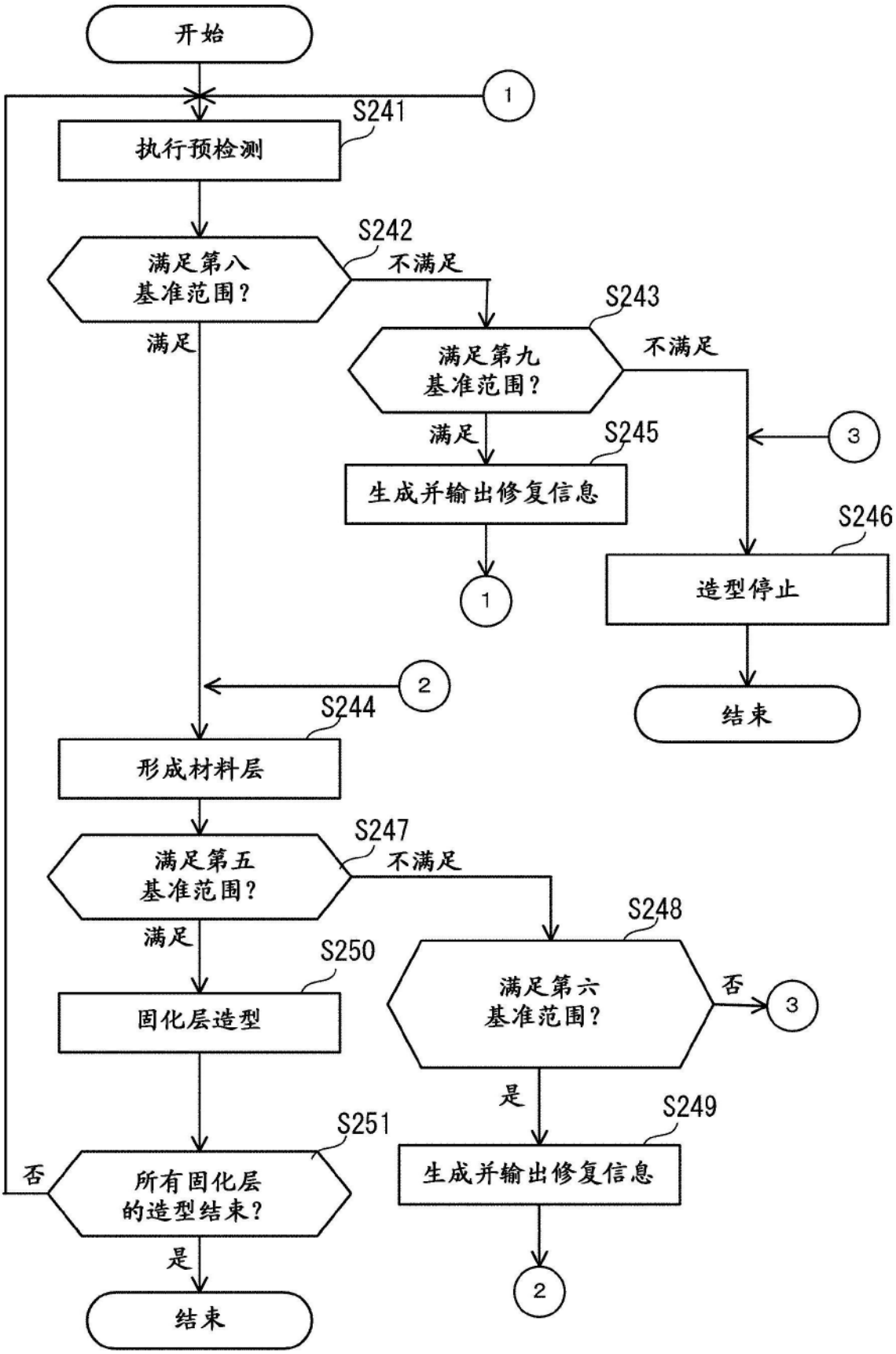

开始
1
S241
执行预检测
S242
满足第八
基准范围？
不满足
满足
S243
满足第九
基准范围？
不满足
满足
S245
生成并输出修复信息
3
S246
造型停止
1
结束
2
S244
形成材料层
S247
满足第五
基准范围？
不满足
满足
S248
满足第六
基准范围？
否
3
S250
固化层造型
是
S249
生成并输出修复信息
S251
所有固化层
的造型结束？
否
是
结束
2

图25

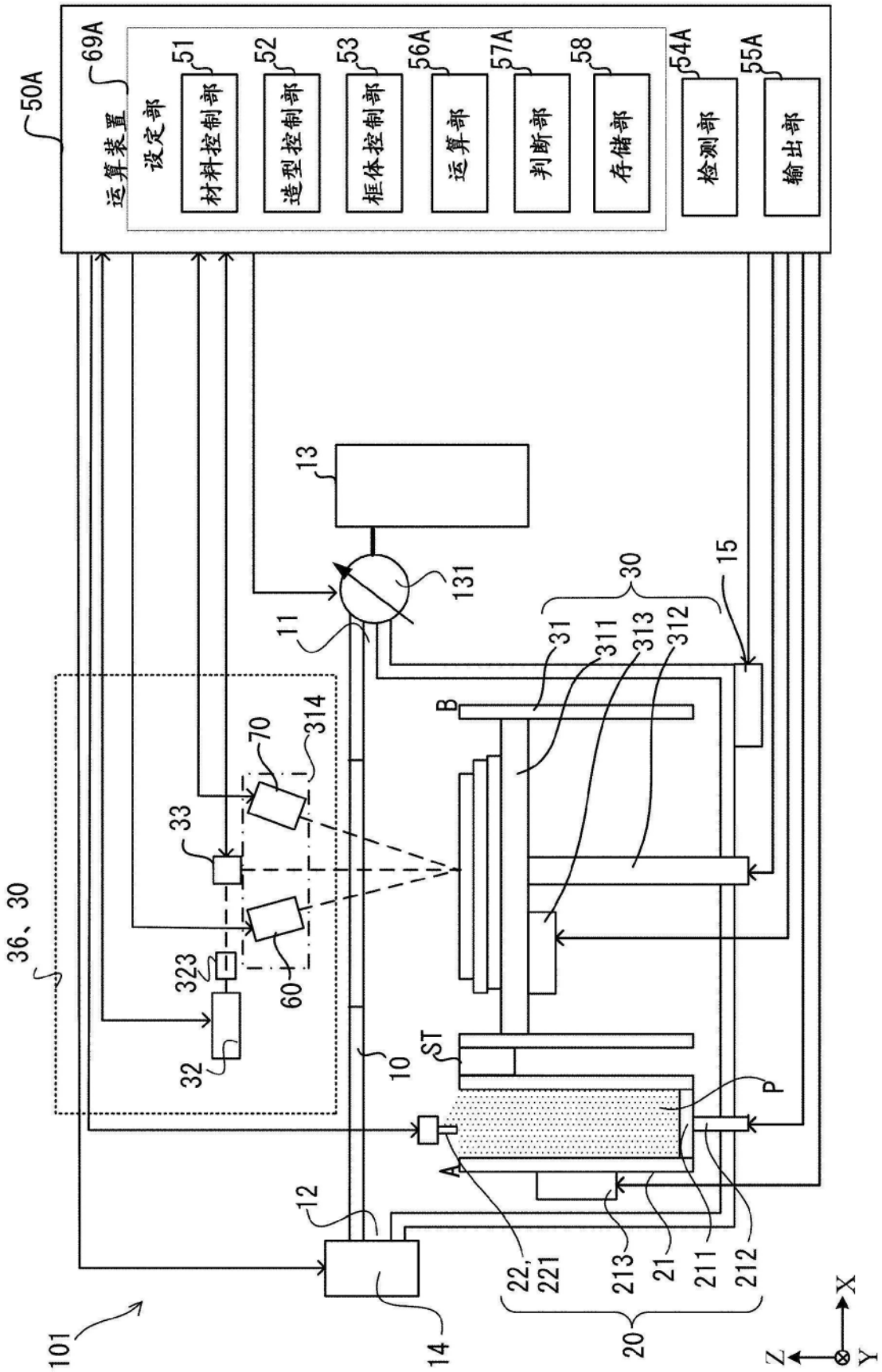

50A
运算装置
69A
设定部
51
材料控制部
52
造型控制部
53
框体控制部
56A
运算部
57A
判断部
58
存储部
54A
检测部
55A
输出部
13
131
11
30
15
31
311
313
312
B
314
70
33
36、30
323
60
32
10
ST
P
A
12
14
22、
221
213
21
211
212
20
101
X
Y
Z

图26

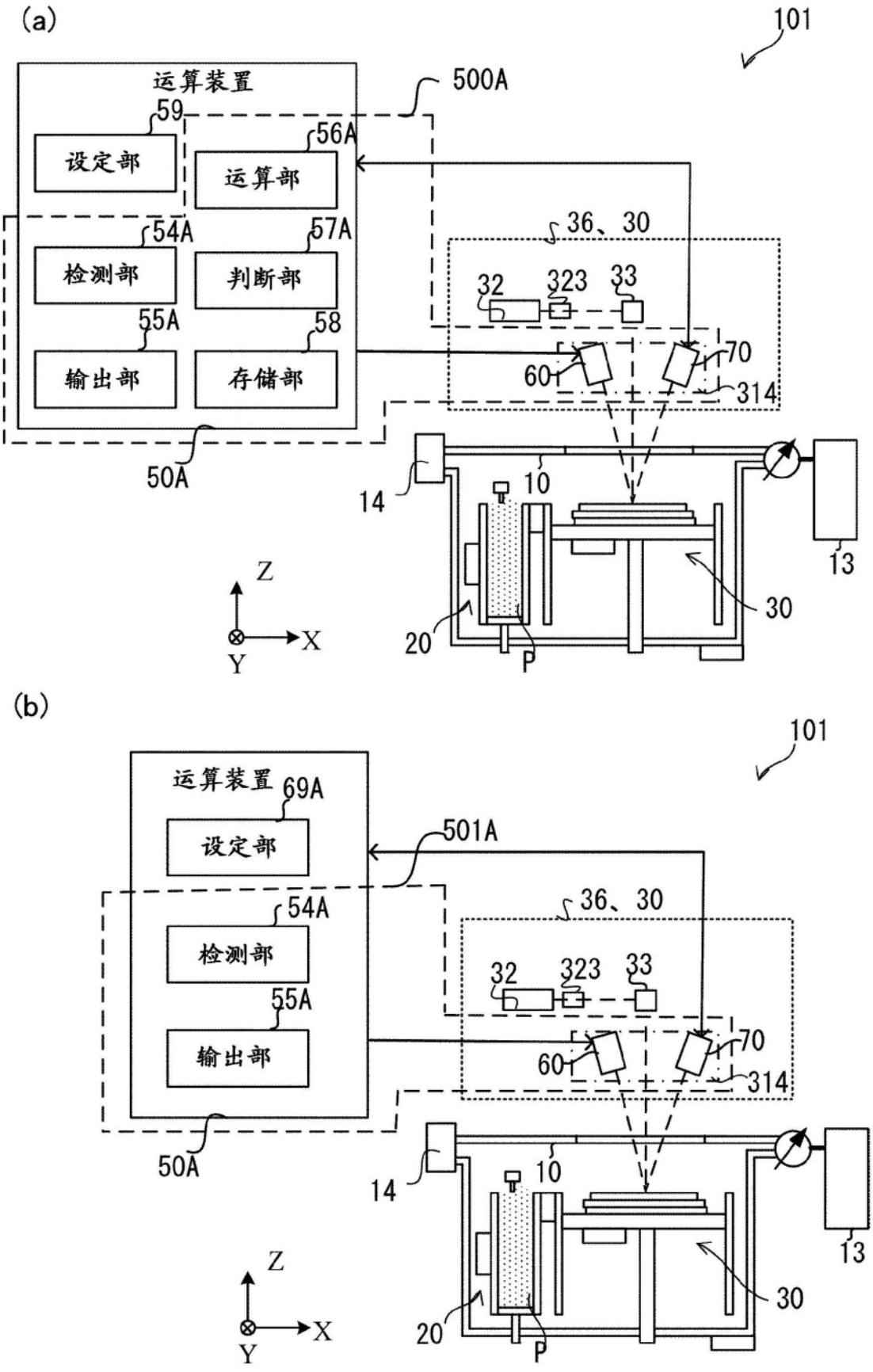

(a)
101
运算装置
59
500A
设定部
56A
运算部
36、30
54A
57A
检测部
判断部
32
323
33
55A
58
输出部
存储部
60
70
314
50A
14
10
13
Z
X
Y
20
P
30
(b)
101
运算装置
69A
501A
设定部
54A
36、30
检测部
32
323
33
55A
输出部
60
70
314
50A
14
10
13
Z
X
Y
20
P
30

图27

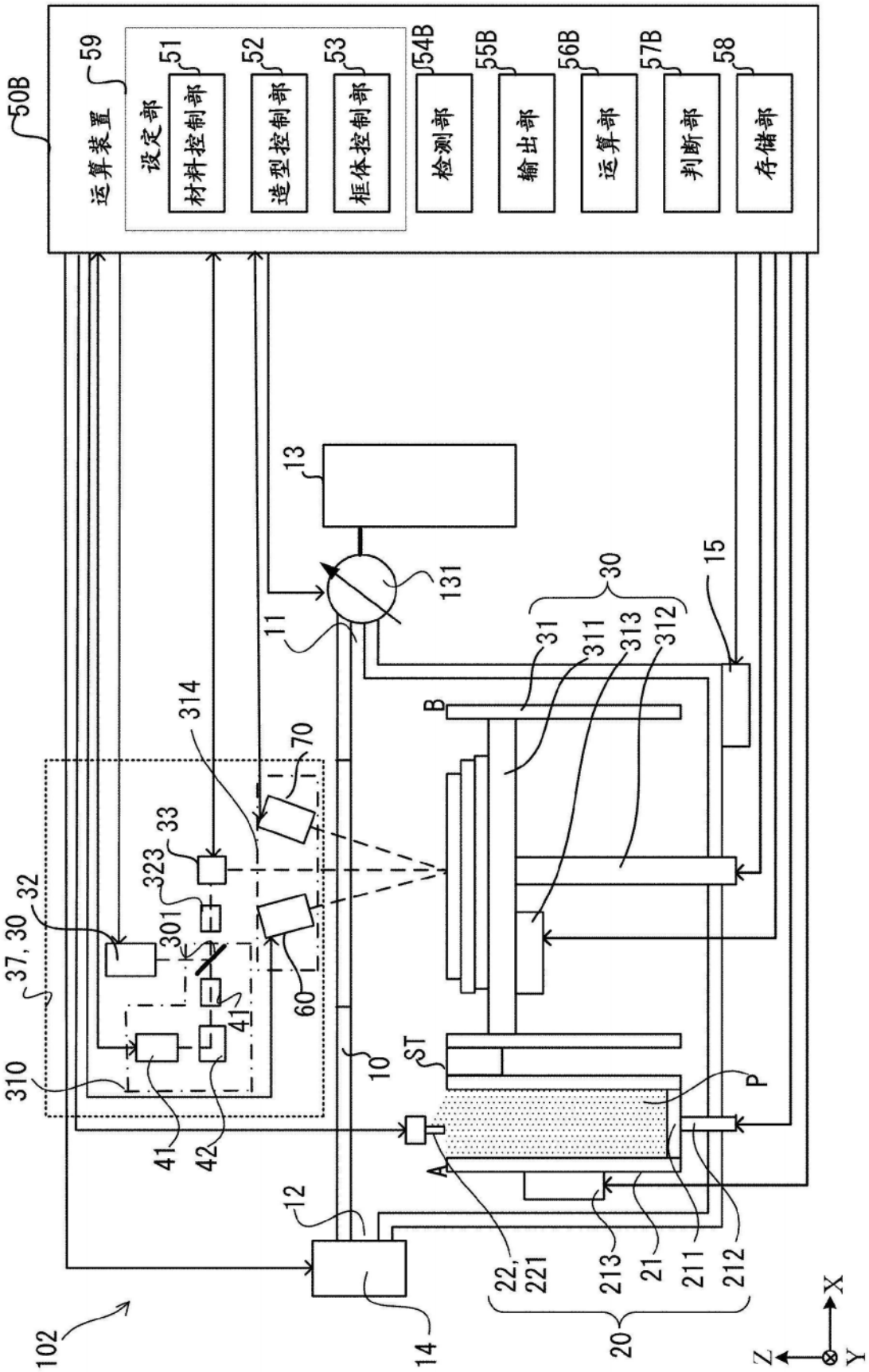

50B
运算装置
59
设定部
51
材料控制部
52
造型控制部
53
框体控制部
54B
检测部
55B
输出部
56B
运算部
57B
判断部
58
存储部
13
131
11
30
31
311
313
312
15
B
314
70
33
323
32
37, 30
301
60
41
310
42
10
ST
P
A
12
14
22, 221
213
21
211
212
20
102
X
Y
Z

图28

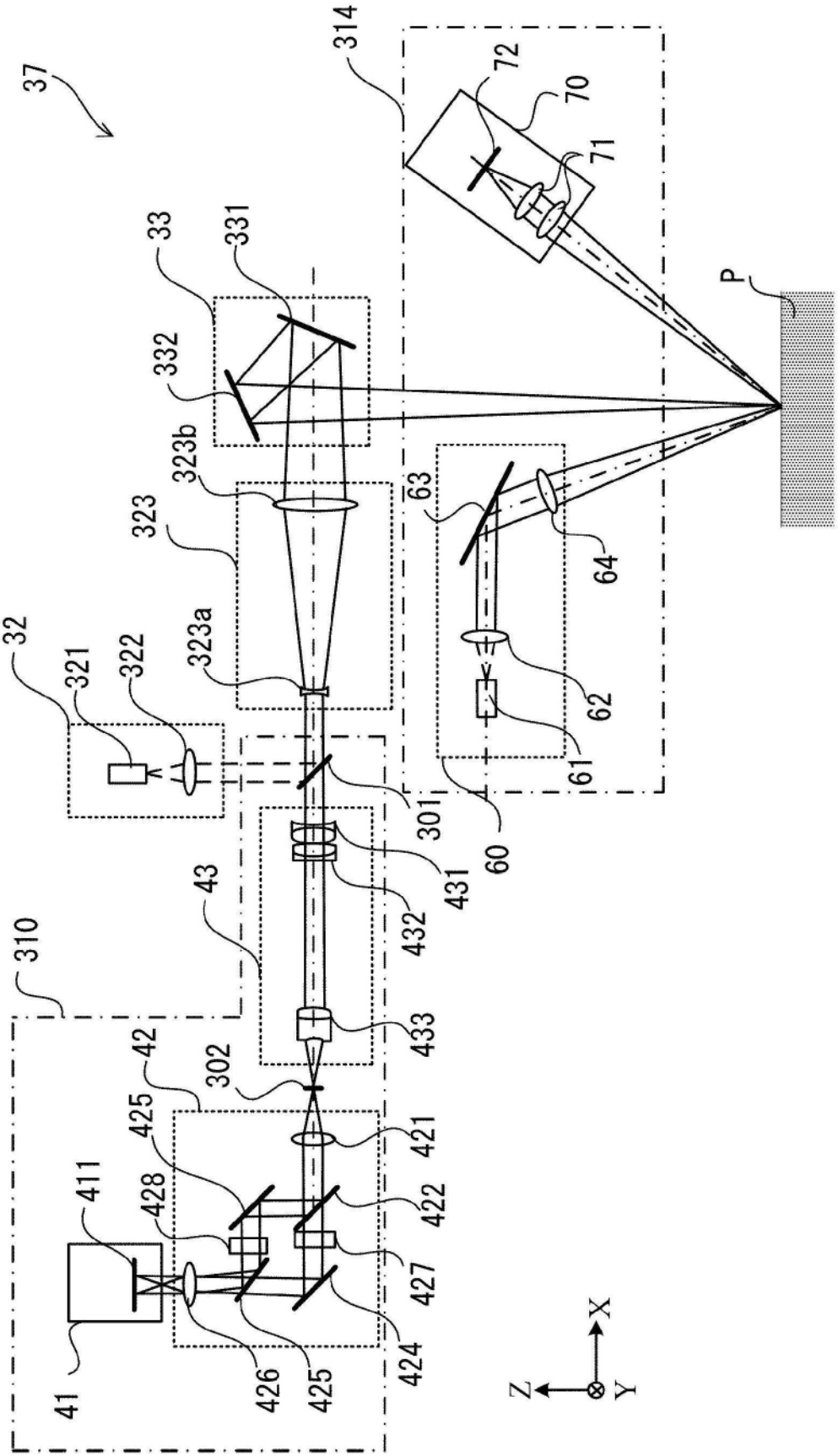

37
314
72
70
71
P
33
331
332
323b
323
63
64
32
321
322
323a
62
61
301
60
431
43
432
310
433
42
302
425
421
411
428
422
427
424
426
425
41
X
Z
Y

图29

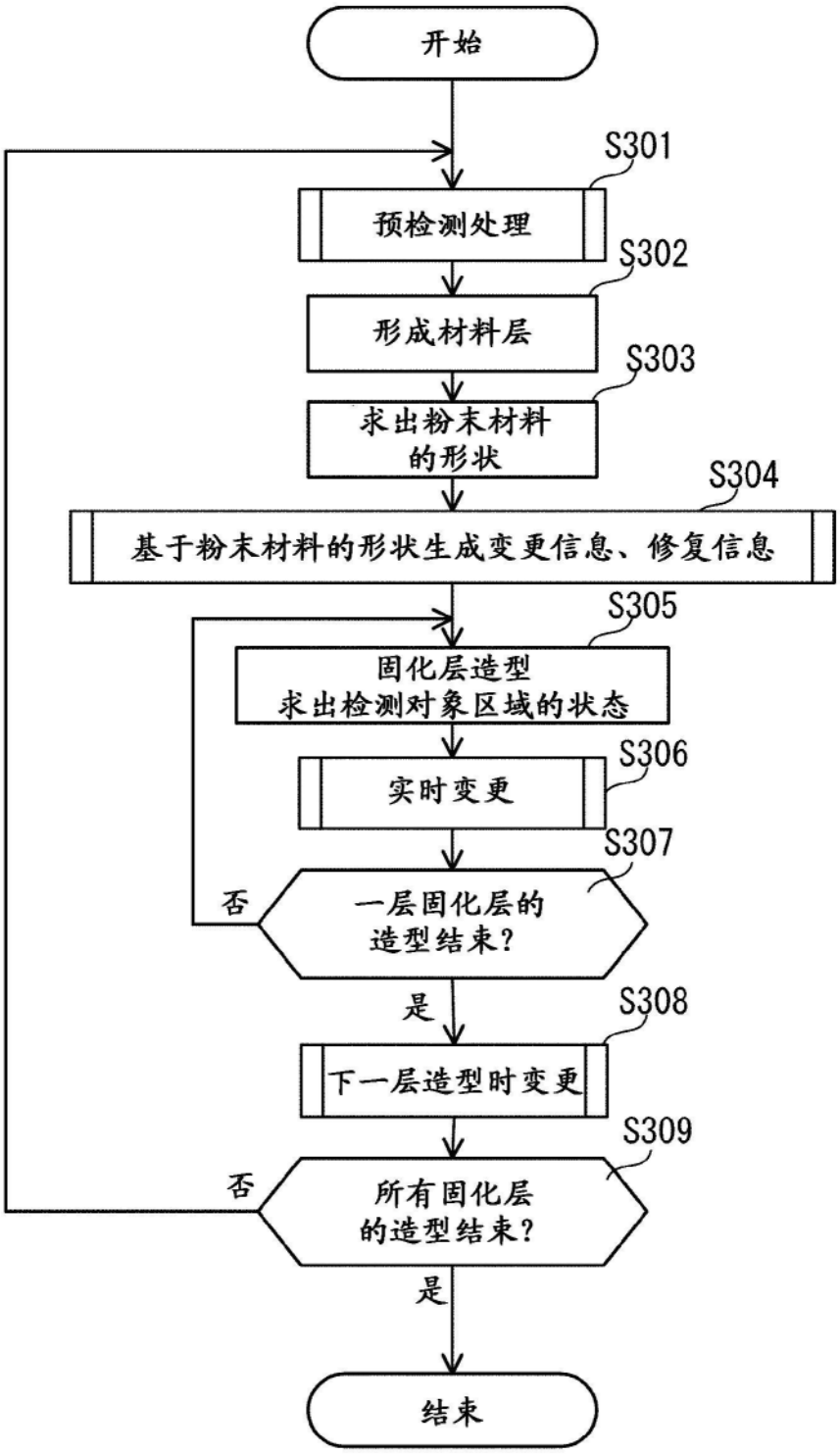

开始
S301
预检测处理
S302
形成材料层
S303
求出粉末材料的形状
S304
基于粉末材料的形状生成变更信息、修复信息
S305
固化层造型
求出检测对象区域的状态
S306
实时变更
S307
一层固化层的造型结束?
否
是
S308
下一层造型时变更
S309
所有固化层的造型结束?
否
是
结束

图30

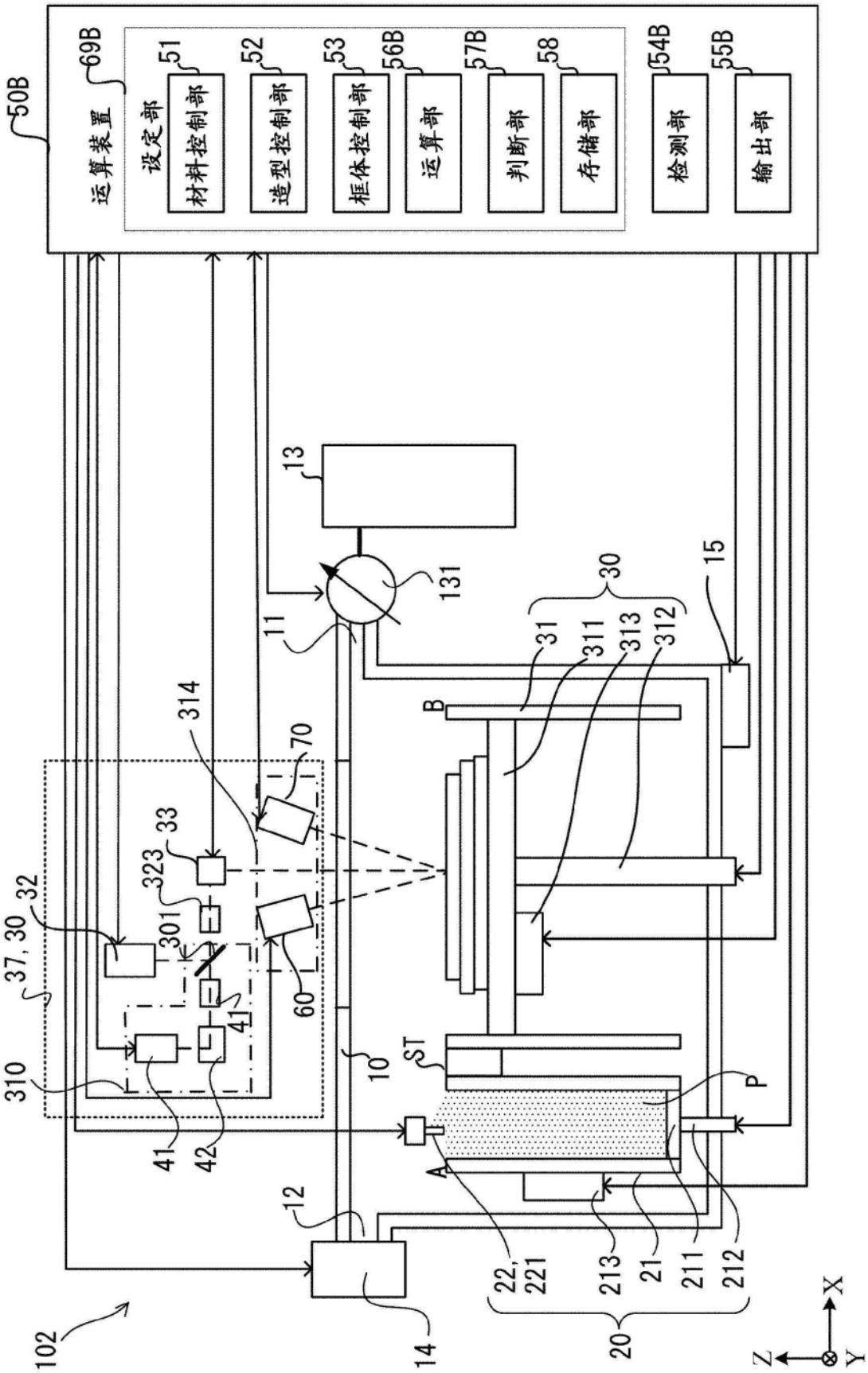

50B
运算装置
69B
设定部
51
材料控制部
52
造型控制部
53
框体控制部
56B
运算部
57B
判断部
58
存储部
54B
检测部
55B
输出部
13
131
11
30
31
311
313
312
15
B
314
70
33
323
32
37, 30
301
60
41
310
42
10
ST
P
A
12
14
22, 221
213
21
211
212
20
102
X
Y
Z

图31

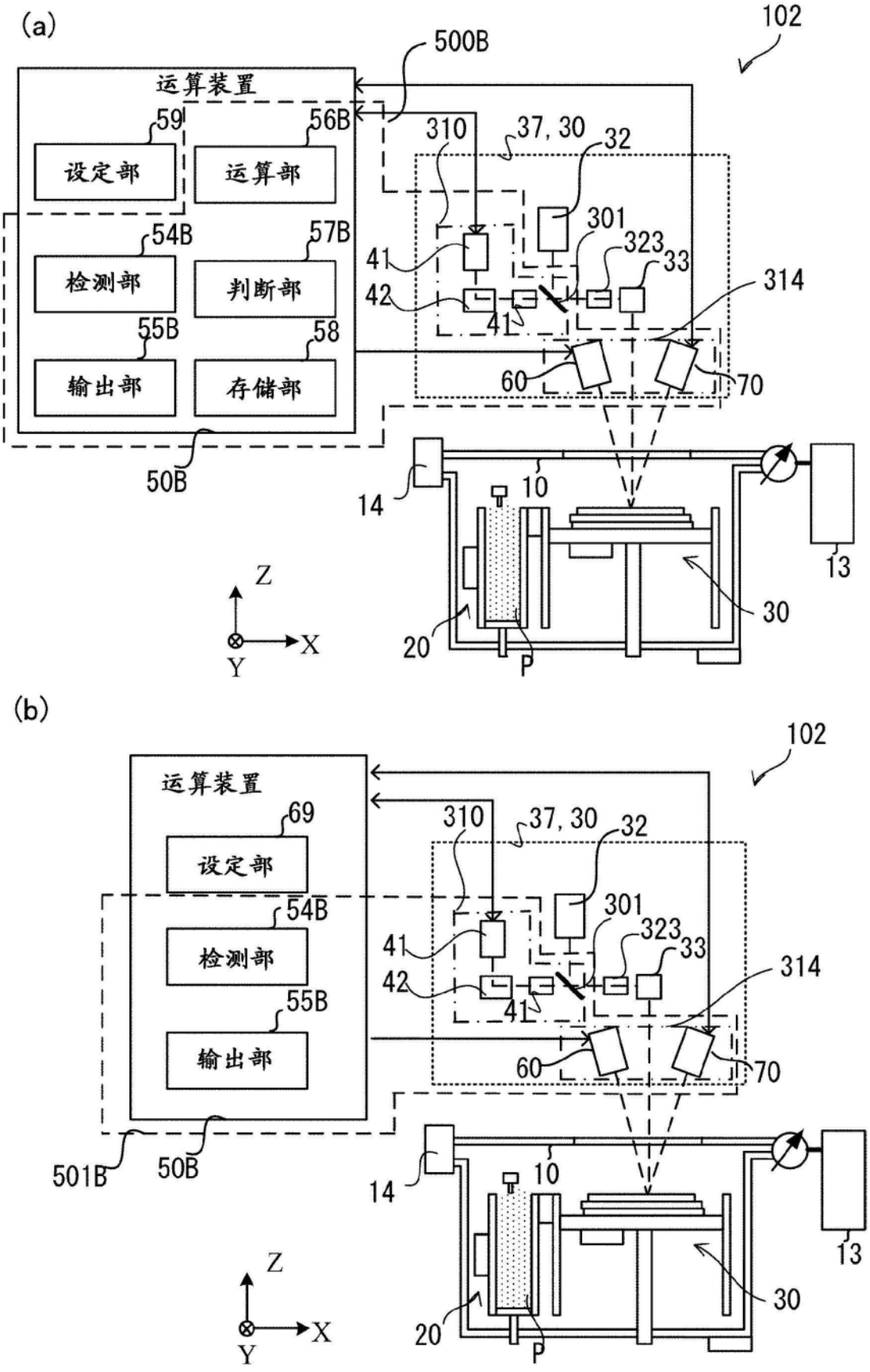

(a)
102
500B
运算装置
59
56B
设定部
运算部
54B
57B
检测部
判断部
55B
58
输出部
存储部
50B
310
37, 30
32
301
323
33
41
42
314
60
70
14
10
13
30
20
P
Z
X
Y
(b)
102
运算装置
69
设定部
54B
检测部
55B
输出部
501B
50B
310
37, 30
32
301
323
33
41
42
314
60
70
14
10
13
30
20
P
Z
X
Y

图32