



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115464159 B

(45) 授权公告日 2024.07.16

(21) 申请号 202211074122.6

(22) 申请日 2018.05.11

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115464159 A

(43) 申请公布日 2022.12.13

(30) 优先权数据
62/504,822 2017.05.11 US

(62) 分案原申请数据
201880044857.X 2018.05.11

(73) 专利权人 速尔特技术有限公司
地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 詹姆斯·A·德姆斯
弗朗西斯·L·利尔德
埃里克·图姆尔

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理
有限公司 11262

专利代理师 张少波 杨明钊

(51) Int.Cl.

B22F 12/41 (2021.01)

B22F 10/28 (2021.01)

B22F 10/85 (2021.01)

B23K 26/06 (2014.01)

B23K 26/073 (2006.01)

B29C 64/153 (2017.01)

B29C 64/268 (2017.01)

B29C 64/282 (2017.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

B33Y 30/00 (2015.01)

B33Y 50/02 (2015.01)

(56) 对比文件

WO 2017075258 A1, 2017.05.04

审查员 田科

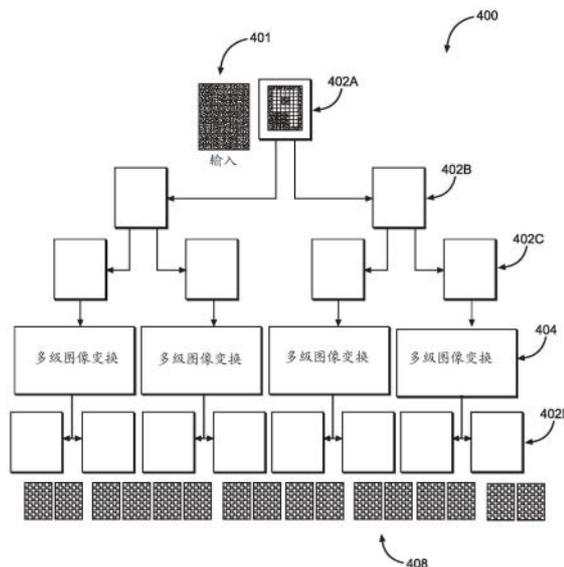
权利要求书4页 说明书18页 附图18页

(54) 发明名称

用于增材制造的图案化光的开关站射束路由

(57) 摘要

本申请涉及用于增材制造的图案化光的开关站射束路由。本申请公开了一种用于增材制造的方法和装置,其涉及高效率、能量束图案化和射束操控以有效且高效地利用源能量。在一个实施例中,不想要的光的回收和再利用包括由一个或多个光阀产生的多个光图案的源,其中多个光图案中的至少一个光图案由被拒斥的图案化光形成。图像中继装置被用于引导多个光图案,以及射束路由系统接收多个光图案,并分别将它们引导向粉末床上的限定区域。



1. 一种增材制造方法,所述方法包括:
 - 分发至少一层的颗粒状材料;
 - 通过将至少一个光束分成光的第一正图案和光的第二负图案并使用所述光的第一正图案作为第一能量束,来生成所述第一能量束;
 - 沿着第一路径将所述第一能量束路由通过包括多个能量开关单元的开关站;
 - 在沿着所述第一路径路由之后,将所述第一能量束引导到所述至少一层的第一部分;
 - 通过将所述光的第二负图案分成光的第三正图案和光的第四负图案并使用所述光的第三正图案作为第二能量束,来生成所述第二能量束;
 - 沿着第二路径将所述第二能量束路由通过所述开关站,其中所述第二路径不同于所述第一路径;以及
 - 在沿着所述第二路径路由之后,将所述第二能量束引导到所述至少一层的第二部分,其中所述第二部分不同于所述第一部分。
2. 根据权利要求1所述的方法,还包括作为引导所述第一能量束的结果,合并所述颗粒状材料的对应于所述第一部分的至少一部分。
3. 根据权利要求2所述的方法,还包括作为引导所述第二能量束的结果,合并所述颗粒状材料的对应于所述第二部分的至少一部分。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中:
 - 所述至少一层包括位于第一粉末床中的所述颗粒状材料的第一层;以及
 - 所述第一部分形成所述第一层的零件。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述第二部分形成所述第一层的零件。
6. 根据权利要求4所述的方法,其中:
 - 所述至少一层还包括位于第二粉末床中的所述颗粒状材料的第二层;以及
 - 所述第二部分形成所述第二层的零件。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,引导所述第一能量束由第一能量操控单元执行,所述第一能量操控单元形成对于通过所述开关站的所述第一路径的目的地。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中,引导所述第二能量束由第二能量操控单元执行,所述第二能量操控单元形成对于通过所述开关站的所述第二路径的目的地。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述第一能量操控单元和第二能量操控单元各自包括反射镜或固态射束操控设备。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中,引导所述第一能量束和引导所述第二能量束基本上同时发生。
11. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述多个能量开关单元中的至少一些能量开关单元被布置在二叉树开关层级中。
12. 根据权利要求1所述的方法,其中,第一能量图案化单元用于将所述至少一个光束分成所述光的第一正图案和所述光的第二负图案。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中,第二能量图案化单元用于将所述光的第二负图案分成所述光的第三正图案和所述光的第四负图案。
14. 根据权利要求13所述的方法,其中:
 - 所述至少一层包括位于第一粉末床中的所述颗粒状材料的第一层;以及

所述第一部分形成所述第一层的零件。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中,所述第二部分形成所述第一层的零件。

16. 根据权利要求14所述的方法,其中:

所述至少一层还包括位于第二粉末床中的所述颗粒状材料的第二层;以及
所述第二部分形成所述第二层的零件。

17. 一种增材制造方法,所述方法包括:

分发至少一层的颗粒状材料;

通过将至少一个光束分成光的第一正图案和光的第二负图案并使用所述光的第一正图案作为第一二维图案化能量束,来生成所述第一二维图案化能量束;

沿着第一路径将所述第一二维图案化能量束路由通过包括多个能量开关单元的开关站;

在沿着所述第一路径路由之后,将所述第一二维图案化能量束引导到所述至少一层的第一部分;

通过将所述光的第二负图案分成光的第三正图案和光的第四负图案,并使用所述光的第三正图案作为第二二维图案化能量束,来生成所述第二二维图案化能量束;

沿着第二路径将所述第二二维图案化能量束路由通过所述开关站,其中所述第二路径不同于所述第一路径;以及

在沿着所述第二路径路由之后,将所述第二二维图案化能量束引导到所述至少一层的第二部分,其中所述第二部分不同于所述第一部分。

18. 根据权利要求17所述的方法,还包括:

作为引导所述第一二维图案化能量束的结果,合并所述颗粒状材料的对应于所述第一部分的至少一部分;以及

作为引导所述第二二维图案化能量束的结果,合并所述颗粒状材料的对应于所述第二部分的至少一部分。

19. 根据权利要求18所述的方法,其中,第一能量图案化单元用于将所述至少一个光束分成所述光的第一正图案和所述光的第二负图案。

20. 根据权利要求19所述的方法,其中,

第二能量图案化单元用于将所述光的第二负图案分成所述光的第三正图案和所述光的第四负图案。

21. 一种用于增材制造的开关站射束路由系统,所述开关站射束路由系统包括:

能量束;

射束图案化单元,所述射束图案化单元被配置成从所述能量束生成二维图案化能量束;

多个能量开关单元,所述多个能量开关单元被配置成共同形成开关站,所述开关站接收所述二维图案化能量束、沿着第一路径路由所述二维图案化能量束并且输出所述二维图案化能量束;

多个能量操控单元,所述多个能量操控单元各自形成对于通过所述开关站的不同路径的目的地,使得所述多个能量操控单元的第一能量操控单元形成对于所述第一路径的目的地,并且接收和引导所述二维图案化能量束,以及

至少一个粉末床,所述至少一个粉末床被配置成接收来自所述第一能量操控单元的所述二维图案化能量束;

其中,所述多个能量开关单元形成开关层级,使得所述多个能量开关单元中的至少一个能量开关单元在所述多个能量开关单元的至少两个其他能量开关单元之间切换所述二维图案化能量束。

22. 一种用于增材制造的开关站射束路由系统,所述开关站射束路由系统包括:

能量束;

射束图案化单元,所述射束图案化单元被配置成从所述能量束生成二维图案化能量束;

多个能量开关单元,所述多个能量开关单元被配置成共同形成开关站,所述开关站接收所述二维图案化能量束、沿着第一路径路由所述二维图案化能量束并且输出所述二维图案化能量束;

多个能量操控单元,所述多个能量操控单元各自形成对于通过所述开关站的不同路径的目的地,使得所述多个能量操控单元的第一能量操控单元形成对于所述第一路径的目的地,并且接收和引导所述二维图案化能量束,以及

至少一个粉末床,所述至少一个粉末床被配置成接收来自所述第一能量操控单元的所述二维图案化能量束;

其中,所述多个能量开关单元中的至少一些能量开关单元形成开关层级,并且其中,所述多个能量开关单元中的第一能量开关单元和第二能量开关单元被布置成使得通过所述开关站的第二路径从所述第一能量开关单元到所述第二能量开关单元,并且通过所述开关站的第三路径从所述第二能量开关单元到所述第一能量开关单元。

23. 一种用于将射束能量分发到预定区域的方法,包括以下步骤:

通过计算将打印对象划分成多个切片;以及

对于所述多个切片中的每个切片,重复多个操作,包括:

将每个切片划分成多个图块;

确定所述多个图块中的每个图块中待打印的所有像素;

建立用于打印所述多个图块的序列;

通过至少一个射束图案化单元生成对于所述多个图块中每个图块的至少一个二维图案化能量束;

将对于所述多个图块中的每个图块的所述至少一个二维图案化能量束路由通过包括多个射束开关单元的开关站,其中所述多个射束开关单元中的至少一个射束开关单元在所述多个射束开关单元的至少两个其他射束开关单元之间选择性地切换所述二维图案化能量束;以及

通过多个射束操控单元中的一个或更多个射束操控单元引导对于所述多个图块中的每个图块的所述至少一个二维图案化能量束,以打印所述打印对象的所述每个切片,其中所述多个射束操控单元中的每个射束操控单元形成对于通过所述开关站的不同路径的目的地;

其中,所述多个射束开关单元中的至少一些射束开关单元被布置在二叉树开关层级中。

24. 一种用于在时间上分配用于增材打印的可用能量束的方法,包括以下步骤:
定义一系列时间步骤直到完成在至少一个粉末床中的至少一个对象的增材打印;
对于所述一系列时间步骤中的每个时间步骤,在所述至少一个粉末床中识别多个合格位置;
在所述多个合格位置之中分配所述可用能量束;
从所述可用能量束生成二维图案化能量束;和
将所述二维图案化能量束路由通过包括多个射束开关单元的开关站,以将分配量的所述二维图案化能量束传送到所述多个合格位置中的每个位置;
其中,所述多个射束开关单元中的至少一些射束开关单元被布置在二叉树开关层级中,其中所述多个射束开关单元中的至少一个射束开关单元在所述多个射束开关单元的至少两个其他射束开关单元之间选择性地切换所述二维图案化能量束。

用于增材制造的图案化光的开关站射束路由

[0001] 本申请是申请日为2018年05月11日,申请号为201880044857.X,发明名称为“用于增材制造的图案化光的开关站射束路由”的申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本公开是要求于2017年5月11日提交的第62/504,822号美国专利申请的优先权益的非临时专利申请的部分,所述美国专利申请通过引用以其整体并入。

技术领域

[0004] 本公开总体上涉及用于增材制造的光学器件,并且更具体地,涉及包括能够引导一个或更多个图案化光束的开关站式射束路由子系统的光学系统。

[0005] 背景

[0006] 用于重定向激光的复杂系统已经被用于许多高功率应用中。例如,劳伦斯利弗莫尔国家实验室(Lawrence Livermore National Laboratory)支持能够将高功率激光束重定向到目标的国家点火设施。光束外壳将多个入射激光束重定向到靶室的顶部和底部。在激光束行进穿过激光间后,它们进入带有转向镜的光束外壳系统,转向镜将光束重定向到靶室的上半球和下半球。该手动系统将平行激光束布局转换成靶室的球形配置。在操作中,转向镜引导多个激光束沿着径向线进入靶室,会聚在目标上。

[0007] 基于激光的增材制造系统也可以包括光重定向。例如,一种类型的二极管激光增材制造包括将多个射束组合成单个射束,且然后将光源分成负图案化图像和正图案化图像来分离射束。通常,一个图案化射束图像用于构建零件,另一个射束图像被丢弃到束流收集器中。这样的图案可以通过使用基于液晶的光阀来创建,该基于液晶的光阀允许通过旋转电磁波偏振状态来对透射的或反射的光进行空间调制。典型的示例是偏振光“驱动射束”穿过液晶填充的光阀,然后该液晶填充的光阀在空间上将偏振空间中的图案压印(imprints)在驱动射束上。允许所需光的偏振状态持续到光学系统的其余部分,并且不需要的状态被拒斥并被丢弃到束流收集器或其他能量拒斥设备。

[0008] 分离、组合和路由一个或更多个这样的图案化射束或未图案化射束可能是复杂的。能够有效地路由和引导图案化射束或未图案化射束的系统可以简化对多个粉末床的使用,允许射束的完全或部分重叠,或者限制由于被拒斥的射束图案或不想要的射束图案造成的能量损失。

发明内容

[0009] 本申请提供了以下内容:

[0010] 1).一种用于增材制造的开关站射束路由系统,所述开关站射束路由系统包括:

[0011] 能量束;

[0012] 射束图案化单元,所述射束图案化单元用于从所述能量束生成二维图案化的能量束;

[0013] 多个能量开关单元,所述多个能量开关单元用于引导二维图案化能量束;

[0014] 多个能量操控单元,所述多个能量操控单元用于接收和引导所述二维图案化能量束,以及

[0015] 至少一个粉末床,所述至少一个粉末床用于接收来自所述多个能量操控单元中的至少一个能量操控单元的被引导的二维图案化能量束的至少一部分。

[0016] 2).如1)所述的系统,其中,所述二维图案化能量束保持在所述射束图案化单元处生成的并在所述至少一个粉末床处接收的二维图案化图像的大于50%的角功率密度和75%的空间光学扩展量。

[0017] 3).如1)所述的系统,其中,所述多个能量开关单元中的至少一个能量开关单元能够将所述二维图案化能量束引导至形成开关层级的至少两个能量开关单元。

[0018] 4).如1)所述的系统,其中,所述多个能量开关单元中的至少一些能量开关单元被布置在开关层级中,并且其中,所述多个能量开关单元中的至少两个能量开关单元能够在其间引导二维图案化能量束。

[0019] 5).如1)所述的系统,其中,所述能量束包括激光束,其中,所述射束图案化单元包含至少一个光阀,所述至少一个光阀被配置为施加通过所述光阀传递的第一正图案和由被所述光阀拒斥的激光组成的第二负图案,其中,所述能量开关单元引导二维图案化激光束,并且其中,所述多个能量操控单元接收所述二维图案化激光束。

[0020] 6).一种开关站射束路由系统,包括:

[0021] 能量束;

[0022] 射束图案化单元,所述射束图案化单元用于从所述能量束生成二维图案化能量束;

[0023] 多个能量开关单元,所述多个能量开关单元用于引导二维图案化能量束,其中,所述多个能量开关单元中的至少一个能量开关单元能够将二维图案化能量束引导到形成开关层级的至少两个能量开关单元。

[0024] 7).如6)所述的开关站射束路由系统,其中,所述多个能量开关单元中的至少两个能量开关单元能够在其间引导二维图案化能量束。

[0025] 8).如6)所述的开关站射束路由系统,还包括多个能量操控单元,所述多个能量操控单元用于接收和引导所述二维图案化能量束,以及

[0026] 至少一个粉末床,所述至少一个粉末床用于接收来自所述多个能量操控单元中的至少一个能量操控单元的被引导的二维图案化能量束的至少一部分。

[0027] 9).如6)所述的开关站射束路由系统,还包括多个能量操控单元,所述多个能量操控单元用于接收和引导所述二维图案化能量束,并且其中,所述能量操控单元中的至少一个能量操控单元还包括可移动反射镜。

[0028] 10).如6)所述的开关站射束路由系统,其中,所述能量束包括激光束,其中,所述射束图案化单元包含至少一个光阀,所述至少一个光阀被配置为应用通过所述光阀传递的第一正图案和由被所述光阀拒斥的激光组成的第二负图案,并且其中,所述能量开关单元引导二维图案化激光束。

[0029] 11).一种开关站光回收系统,包括:

[0030] 一个或更多个光源,所述一个或更多个光源被配置为发射一个或更多个光束;

[0031] 光阀,所述光阀被配置为将通过所述光阀传递的第一正图案和被所述光阀拒斥的

光的第二负图案施加到一个或更多个所接收的光束；

[0032] 多个射束开关单元,所述多个射束开关单元被布置为至少一个图像中继装置,以接收和引导所述第一正光图案和所述第二负光图案中的至少一者。

[0033] 12).如11)所述的开关站光回收系统,其中,由所述多个射束开关单元中的至少一些射束开关单元中继的所述光图案中的至少一些光图案被引导至粉末床。

[0034] 13).如11)所述的开关站光回收系统,其中,光图案强度、光图案取向和光图案尺寸中的至少一个被变换。

[0035] 14).如11)所述的开关站光回收系统,其中,所述第一正光图案和第二负光图案至少部分组合。

[0036] 15).如11)所述的开关站光回收系统,其中,所述多个射束开关单元中的至少一些射束开关单元被布置在开关层级中。

[0037] 16).如11)所述的开关站光回收系统,其中,所述多个射束开关单元中的至少一些射束开关单元被布置在二叉树开关层级中。

[0038] 17).如11)所述的开关站光回收系统,还包括:

[0039] 多个光操控单元,所述多个光操控单元用于接收和引导图案化光束。

[0040] 18).如17)所述的开关站光回收系统,其中,所述多个光操控单元中的至少一个光操控单元是可移动反射镜。

[0041] 19).一种用于将射束能量分发到预定区域的方法,包括以下步骤:

[0042] 通过计算将打印对象划分成 j 个切片, $j=1$ 到 J ;

[0043] 确定每个图块中要通过二维能量束打印的所有像素;

[0044] 建立用于打印 K 个图块的序列;

[0045] 确定射束能量图案以创建每个图块;

[0046] 打印在切片 j 中的所述 K 个图块,并关于所有 J 个切片进行重复;和

[0047] 引导图案化射束能量以用来自开关站射束系统的被回收的射束能量打印至少一个图块。

[0048] 20).如19)所述的方法,其中,被分发到预定区域的射束能量中的至少一些被中继到粉末床上的图块。

[0049] 21).如19)所述的方法,其中,射束能量包括光,并且射束能量图案化能够调整光图案强度、光图案取向和光图案尺寸中的至少一个。

[0050] 22).如19)所述的方法,其中,所述图案化射束能量中的至少一些由多个射束开关单元中的至少一些射束开关单元中继到粉末床上的图块。

[0051] 23).如22)所述的方法,其中,所述多个射束开关单元中的至少一些射束开关单元被布置在开关层级中。

[0052] 24).如22)所述的方法,其中,所述多个射束开关单元中的至少一些射束开关单元被布置在二叉树开关层级中。

[0053] 25).一种用于在时间上分配用于增材打印的可用能量束的方法,包括以下步骤:

[0054] 定义列出可能的打印位置和图块的一系列时间步骤 t ;

[0055] 在合格的打印位置和图块之中分配可用的光;和

[0056] 配置开关站系统以将分配的可用能量束引导向合格的打印位置和图块。

[0057] 26).如25)所述的方法,其中,被分发到预定区域的射束能量中的至少一些被中继到粉末床上的图块。

[0058] 27).如25)所述的方法,其中,射束能量包括光,并且射束能量图案化能够调整光图案强度、光图案取向和光图案尺寸中的至少一个。

[0059] 28).如25)所述的方法,其中,射束能量中的至少一些由多个射束开关单元中的至少一些射束开关单元中继到粉末床上的图块。

[0060] 29).如28)所述的方法,其中,所述多个射束开关单元中的至少一些射束开关单元被布置在开关层级中。

[0061] 30).如28)所述的方法,其中,所述多个射束开关单元中的至少一些射束开关单元被布置在二叉树开关层级中。

[0062] 附图简述

[0063] 参考以下附图描述了本公开的非限制性和非穷尽的实施例,其中,除非以其它方式说明,在所有各个附图中相似的参考数字指代相似的部分。

[0064] 图1A示出了增材制造系统;

[0065] 图1B是在增材制造系统上形成的结构的顶视图;

[0066] 图2示出了增材制造方法;

[0067] 图3A是示出包括激光器的增材制造系统的动画图(cartoon);

[0068] 图3B是图3A所示的光图案化单元的详细描述;

[0069] 图3C是具有用于使用多个图像中继装置来引导和重新图案化光的“开关站”的增材制造系统的一个实施例;

[0070] 图3D示出了支持图案化二维能量的再利用的开关站系统;

[0071] 图3E示出了镜像像素重新映射;

[0072] 图3F示出了用于像素重新映射的一系列图像变换图像中继装置;

[0073] 图4A是根据本公开的实施例的用于在增材制造过程中激光回收(laser light recycling)的能量图案化二叉树系统的布局图;

[0074] 图4B是示出从一个输入到多个输出的图案再循环的图;

[0075] 图4C是示出从多个输入到一个输出的图案再循环的图;

[0076] 图4D是支持两个光阀图案化步骤和光束重定向的开关站概念的实现方式的示意性示例,其中,开关可用于至少一些能量操控单元;

[0077] 图4E是支持两个光阀图案化步骤和光束重定向的开关站概念的实现方式的示意性示例,其中,开关可用于所有能量操控单元;

[0078] 图5A是示出了使用具有打印杆的固态系统对多个图块进行区域打印的动画图;

[0079] 图5B是示出使用固态系统对多个图块进行区域打印的动画图,该固态系统具有尺寸与粉末床同延的基体(matrix);和

[0080] 图5C是示出了使用固态系统对多个图块进行区域打印的动画图,该固态系统具有含单独的操控单元并且尺寸与粉末床同延的基体;

[0081] 图6是示出光能再循环方面的流程图;

[0082] 图7是示出用于在固态系统中分配光的时间算法的流程图;和

[0083] 图8A和图8B一起示出了支撑多个室的示例性固态开关站系统。

[0084] 详细描述

[0085] 在以下描述中,参考了形成说明书的一部分的随附附图,并且其中以通过说明其中可实践本公开的具体示例性实施例的方式示出。对这些实施例进行足够详细的描述,以使本领域技术人员能够实践本文公开的概念,并且应当理解,可以对各种公开的实施例进行修改,并且可以利用其他实施例,而不脱离本公开的范围。因此,以下详细描述不被认为采用限制性的意义。

[0086] 本公开示出了一种“开关站”式光学系统,其适于降低增材制造系统中由于要打印图案而拒斥不想要的光引起的浪费的光。本文中使用的“开关站”描述了一种用于通过一系列开关点将复杂图案从其生成(在这种情况下,在其上空间图案被赋予结构化或非结构化光束的平面)重定向到其传递的系统和方法。每个开关点可以可选地修改入射光束的空间轮廓。开关站光学系统可以用于例如但不限于其中掩模被施加到光上的基于激光的增材制造技术。有利的是,在根据本公开的各种实施例中,丢弃的能量可以以均匀化的形式或者作为用于保持高功率效率或高吞吐率的图案化光被回收。此外,被丢弃的能量可以被回收和再利用,以增加打印难度较大的材料的强度。

[0087] 通过回收和再利用被拒斥的光,系统强度可以与被拒斥的光的分数成比例地增加。这允许所有的能量被用来保持高打印速率。此外,光的回收有可能实现“杆式”打印,其中,单个杆扫过构建平台。可选地,图案回收可以允许创建与不需要移动来打印构建平台的所有区域的构建平台同延的固态基体。

[0088] 公开了一种增材制造系统,其具有被定位成发射一个或更多个能量束的一个或更多个能量源,在一个实施例中,该一个或更多个能量源包括一个或更多个激光或电子束。射束整形光学器件可以从能量源接收一个或更多个能量束,并形成单个射束。能量图案化单元接收或生成单个射束,并将二维图案转移到该射束,并且可以拒斥不在图案中的未使用的能量。图像中继装置接收二维图案化射束,并将其作为二维图像聚焦到高度固定的或可移动的构建平台(例如粉末床)上的期望位置。在一些实施例中,来自能量图案化单元的一些或所有被拒斥的能量被重新使用。

[0089] 在一些实施例中,来自激光器阵列的多个射束使用匀束器进行组合。该组合射束可以被引导向包括透射或反射像素可寻址光阀的能量图案化单元。在一个实施例中,像素可寻址光阀包括具有偏振元件的液晶模块和提供二维输入图案的光投影单元。由图像中继装置聚焦的二维图像可以顺序地被指向粉末床上的多个位置,以构建3D结构。

[0090] 如图1A所示,增材制造系统100具有能量图案化系统110,该能量图案化系统110具有能量源112,该能量源112可以将一个或更多个连续或间歇的能量束引导向射束整形光学器件114。在整形之后,如果需要,光束由能量图案化单元116图案化,其中通常一些能量被引导到被拒斥的能量处理单元118。图案化能量由图像中继装置120朝向物品处理单元140中继,通常作为聚焦在床146附近的二维图像122。床146(具有可选的壁148)可以形成包含由材料分配器142分配的材料144的室。由图像中继装置120引导的图案化能量可以熔化、熔融、烧结、合并(amalgamate)、改变晶体结构、影响应力图或者以其他方式化学或物理地修改分配的材料144以形成具有期望性质的结构。

[0091] 能量源112生成光子(光)、电子、离子或能够被引导、整形和图案化的其他合适的能量束或通量。多种能量源可以结合使用。能量源112可以包括激光器、白炽灯、聚光太阳

能、其他光源、电子束或离子束。可能的激光器类型包括但不限于：气体激光器、化学激光器、染料激光器、金属蒸汽激光器、固态激光器（例如光纤）、半导体（例如二极管）激光器、自由电子激光器、气体动态激光器、“镍样”钯激光器、拉曼激光器或核泵浦激光器。

[0092] 气体激光器可以包括诸如以下项的激光器：氦氖激光器、氩激光器、氦激光器、氩离子激光器、氮激光器、二氧化碳激光器、一氧化碳激光器或准分子激光器。

[0093] 化学激光器可以包括诸如以下项的激光器：氟化氢激光器、氟化氙激光器、COIL（化学氧碘激光器）或Agi1（全气相碘激光器）等。

[0094] 金属蒸汽激光器可以包括诸如以下项的激光器：氦镉（HeCd）金属蒸汽激光器、氦汞（HeHg）金属蒸汽激光器、氦硒（HeSe）金属蒸汽激光器、氦银（HeAg）金属蒸汽激光器、铯蒸汽激光器、氖铜（NeCu）金属蒸汽激光器、铜蒸汽激光器、金蒸汽激光器或锰（Mn/MnCl₂）蒸汽激光器。

[0095] 固态激光器可以包括诸如以下项的激光器：红宝石激光器、Nd:YAG激光器、NdCrYAG激光器、Er:YAG激光器、钕YLF（Nd:YLF）固态激光器、掺钕原钒酸钇（Nd:YVO₄）激光器、掺钕钇钙氧硼酸盐Nd:YCa₄O(BO₃)₃或简称Nd:YCOB、钕玻璃（Nd:玻璃）激光器、钛蓝宝石（Ti:蓝宝石）激光器、铥YAG（Tm:YAG）激光器、镱YAG（Yb:YAG）激光器、镱:2O₃（玻璃或陶瓷）激光器、掺镱玻璃激光器（杆、板/芯片、和光纤）、钬YAG（Ho:YAG）、铬ZnSe（Cr:ZnSe）激光器、掺铈氟化铝锶（或钙）锂（Ce:LiSAF, Ce:LiCAF）、掺钷147磷酸盐玻璃（147Pm⁺³:玻璃）固态激光器、掺铬金绿宝石（翠玉宝石）激光器、掺铟安山岩-镱共掺杂玻璃激光器、三价铈掺杂氟化钙（U:CaF₂）固态激光器、二价钐掺杂氟化钙（Sm:CaF₂）激光器或F-中心激光器。

[0096] 半导体激光器可以包括诸如以下项的激光介质类型：GaN、InGaN、AlGaInP、AlGaAs、InGaAsP、GaInP、InGaAs、InGaAsO、GaInAsSb、铅盐、垂直腔表面发射激光器（VCSEL）、量子级联激光器、混合硅激光器或其组合。

[0097] 例如，在一个实施例中，单个Nd:YAG调Q激光器（q-switched laser）可以与多个半导体激光器结合使用。在另一个实施例中，电子束可以与紫外半导体激光器阵列结合使用。在其他实施例中，可以使用激光器的二维阵列。在具有多个能量源的一些实施例中，能量束的预图案化可以通过选择性地激活和去激活能量源来完成。

[0098] 射束整形单元114可以包括各种各样的成像光学器件，以组合、聚焦、发散、反射、折射、均匀化、调整强度、调整频率、或者以其他方式整形从能量源112接收的一个或更多个能量束并将从能量源112接收的一个或更多个能量束朝向能量图案化单元116引导。在一个实施例中，可以使用波长选择镜（例如二色性）或衍射元件来组合各自具有不同光波长的多个光束。在其他实施例中，可以使用多面镜、微透镜以及折射或衍射光学元件来均匀化或组合多个光束。

[0099] 能量图案化单元116可以包括静态或动态能量图案化元件。例如，光子、电子或离子束可以被具有固定或可移动元件的掩模阻挡。为了增加图像图案化的灵活性和容易性，可以使用像素可寻址掩模、图像生成或透射。在一些实施例中，能量图案化单元包括可寻址光阀，以单独或与其他图案化机构结合提供图案化。光阀可以是透射的、反射的或者使用透射和反射元件的组合。可以使用电寻址或光寻址来动态修改图案。在一个实施例中，透射光学寻址光阀用于旋转通过该阀的光的偏振，其中光学寻址像素形成由光投影源限定的图案。在另一个实施例中，反射光学寻址光阀包括用于修改读取光束的偏振的写入光束。在又

一实施例中,电子图案化设备从电或光子刺激源接收地址图案,并生成电子的图案化发射。

[0100] 被拒斥的能量处理单元118用于分配、重定向或利用未被图案化并通过能量图案图像中继装置120的能量。在一个实施例中,被拒斥的能量处理单元118可以包括从能量图案化单元116移除热量的被动或主动冷却元件。在其他实施例中,被拒斥的能量处理单元可以包括“束流收集器”以吸收并转换为加热未被用于定义能量图案的任何射束能量。在其他实施例中,可以使用射束整形光学器件114回收被拒斥的射束能量。可选地或附加地,被拒斥的射束能量可以被引导到物品处理单元140,以用于加热或进一步图案化。在一些实施例中,被拒斥的射束能量可以被引导到附加的能量图案化系统或物品处理单元。

[0101] 图像中继装置120从能量图案化单元116接收图案化图像(通常是二维图像),并将其导向物品处理单元140。以类似于射束整形光学器件114的方式,图像中继装置120可以包括用于组合、聚焦、发散、反射、折射、调整强度、调整频率或以其他方式整形和引导图案化图像的光学器件。

[0102] 物品处理单元140可以包括有壁的室148和床144,以及用于分发材料材料分配器142。材料分配器142可以分发、移除、混合、提供材料类型或颗粒尺寸的渐变或变化、或者调整材料的层厚。材料可以包括金属、陶瓷、玻璃、聚合物粉末、能够经历从固体到液体再回到固体的热诱导相变的其他可熔化材料、或者它们的组合。材料还可以包括可熔化材料和不可熔化材料的复合物,其中,成像中继系统可以选择性地瞄准任一种或两种组分,以熔化可熔化的组分,同时或者沿着不可熔化材料离开,或者使其经历蒸发/毁坏/燃烧或其他破坏过程。在某些实施例中,可以使用浆料、喷雾、涂层、线、条或片材。通过使用鼓风机、真空系统、扫掠、振动、摇动、倾翻或翻转床146,可以去除不想要的材料,以便一次性使用或回收利用。

[0103] 除了材料处理部件之外,物品处理单元140可以包括用于保持和支撑3D结构的部件、用于加热或冷却室的机构、辅助或支撑光学器件以及用于监测或调整材料或环境条件的传感器和控制机构。物品处理单元可以全部或部分地支持真空或惰性气氛,以减少不想要的化学相互作用,并减轻火灾或爆炸的风险(特别是对于活性金属)。

[0104] 控制处理器150可以被连接以控制增材制造系统100的任何部件。控制处理器150可以连接到各种传感器、致动器、加热或冷却系统、监视器和控制器,以协调操作。各种各样的传感器(包括成像器、光强度监视器、热、压力或气体传感器)可以被用来提供用于进行控制或监测的信息。控制处理器可以是单个中央控制器,或者可选地可以包括一个或多个独立的控制系统。控制器处理器150被提供有允许输入制造指令的接口。对各种各样的传感器的使用允许各种反馈控制机制,这提高质量、制造吞吐量和能效。

[0105] 图1B是图示支撑材料144的床146的动画图。使用一系列顺序施加的二维图案化能量束图像(虚线轮廓124中的正方形),结构149被增材制造。要理解的是,可以使用具有非正方形边界的图像图案,可以使用重叠或穿插的图像,并且图像可以由两个或多个能量图案化系统提供。在其他实施例中,图像可以与定向电子束或离子束结合形成,或者与打印或选择性喷射系统结合形成。

[0106] 图2是示出由所述光学和机械部件支持的增材制造过程的一个实施例的流程图。在步骤202中,材料被定位在床、室或其他合适的支撑物中。该材料可以是能够被熔化、熔融、烧结、被诱导改变晶体结构、具有受影响的应力图案、或以其他方式化学或物理改性以

形成具有所需性质的结构的粉末。

[0107] 在步骤204中,未图案化的能量由一个或更多个能量发射器发射,所述一个或更多个能量发射器包括但不限于固态或半导体激光器或使电子沿线向下流动的电源。在步骤206中,未图案化的能量被整形和修改(例如,强度被调制或被聚焦)。在步骤208中,该未图案化的能量被图案化,其中不形成图案的一部分的能量在步骤210中被处理(这可以包括转化为废热,或者回收作为图案化或未图案化的能量)。在步骤212中,现在形成二维图像的图案化能量被朝向材料中继。在步骤214中,将图像施加到材料,构建3D结构的一部分。可以重复这些步骤(循环218),直到图像(或不同的且后续的图像)已经被施加到材料顶层的所有必要区域为止。当完成对材料顶层的能量的施加时,可以施加新的层(循环216)以继续构建3D结构。这些过程循环一直持续到3D结构完成为止,这时剩余的多余材料可以被移除或回收。

[0108] 图3A是使用多个半导体激光器作为能量图案化系统310的一部分的增材制造系统300的一个实施例。控制处理器350可以连接到各种传感器、致动器、加热或冷却系统、监视器和控制器,以协调多个激光器312、光图案化单元316和图像中继装置320以及系统300的任何其他部件的操作。这些连接总体是通过系统300的部件周围的虚线轮廓351表示的。将认识到,连接可以是有线或无线的、连续的或间断的,并且包括反馈能力(例如,可以响应于所感测的温度来调整热加热)。多个激光器312可以发射1000nm波长的光束301,例如90mm宽乘以20mm高。成像光学器件370重新调整光束301的大小以产生光束303。光束303是6mm宽乘以6mm高,且入射在光均匀化设备372上,光均匀化设备372将光混合在一起以产生混合光束305。光束305然后入射在成像组件374上,成像组件374将光重新整形成光束307,且然后入射在热冷反射镜376上。反射镜376允许1000nm的光通过,但是反射450nm的光。能够以1080p像素分辨率和450nm投射低功率光的光投射器378发射光束309,然后光束309入射在热冷反射镜376上。光束307和309叠加在光束311中,并且都以20mm宽、20mm高的图像成像在光学寻址光阀380上。由均匀器372和投射器378形成的图像被重建并在光阀380上重叠。

[0109] 光学寻址光阀380被(通常在400-500nm范围内的)光激发,并在入射在偏振器382上的透射光束313中压印偏振旋转图案。偏振器382将两种偏振状态分离,将p偏振透射到光束317中,并将s偏振反射到光束315中,然后光束315被发送到束流收集器318,束流收集器318处理被拒斥的能量。要理解的是,在其他实施例中,偏振可以反置,s偏振形成到光束317中并将p偏振反射到光束315中。光束317进入最终成像组件320,该最终成像组件320包括重新调整图案化光的大小的光学器件384。该光束从可移动反射镜386反射到光束319,光束319终止于被施加到物品处理单元340中的材料床344的聚焦图像中。图像中被选择跨越多个层的景深,提供在几层误差或偏移的范围内的最佳聚焦。

[0110] 床390可以在包含由材料分配器342分配的材料344的室壁388内升高或降低(垂直分度)。在某些实施例中,床390可以保持固定,并且最终成像组件320的光学器件可以垂直升高或降低。材料分配由扫掠机构392提供,扫掠机构392可以均匀地散布被装在送料斗394中的粉末,能够根据需要提供新的材料层。6mm宽乘以6mm高的图像可以由可移动反射镜386在床的不同位置处顺序引导。

[0111] 当在该增材制造系统300中使用粉末陶瓷或金属材料时,粉末可以在零件被构建时以大约1-3个颗粒厚的薄层散布在基底(和后续层)的顶部上。当粉末被图案化光束319熔

化、烧结或熔融时,其结合到底层,产生固体结构。图案化光束319可以以40Hz的脉冲方式操作,以10ms到0.5ms(期望的是3到0.1ms)的间隔移动到随后的6mm×6mm图像位置,直到粉末的所选择的图案化区域已经被熔化为止。然后,床390自身降低对应于一层的厚度,且扫掠机构392散布新的粉末材料层。重复这个过程,直到2D层已经建立了期望的3D结构为止。在一些实施例中,物品处理单元340可以具有可控气氛。这允许在惰性气体或真空环境中制造反应性材料,而没有氧化或化学反应、或火灾或爆炸(如果使用反应性金属)的风险。

[0112] 图3B更详细地示出了图3A的光图案化单元316的操作。如图3B所示,代表性输入图案333(这里被视为数字“9”)被限定在作为光束309朝向反射镜376投射的光的8x12像素阵列中。每个灰色像素代表一个光填充像素,而白色像素不发光。实际上,每个像素可以具有不同的光水平,包括无光、部分光强度或最大光强度。形成光束307的未图案化的光331被引导并通过热/冷反射镜376,在热/冷反射镜376处该未图案化的光331与图案化光束309结合。图案化光束309由光投射器378生成,光投射器378由计算机X3通过线缆X5控制。在被热/冷反射镜376反射后,由光束307和309在光束311中的叠加形成的图案化光束311,并且两者都被成像到光学寻址光阀380上。将旋转未图案化光331的偏振状态的光学寻址光阀380被图案化光束309/311和通过线缆X4来自计算机X3的电信号激励,以选择性地不将数字“9”的图案中的偏振光307/311的偏振状态旋转成光束313。代表光束313中图案333的未旋转光然后被允许通过偏振反射镜382,产生光束317和图案335。处于第二旋转状态的偏振光被偏振反射镜382拒斥,而进入携带由无光数字“9”组成的负像素图案337的光束315中。

[0113] 其他类型的光阀可以替代所述光阀或与所述光阀结合使用。也可以使用反射光阀或基于选择性衍射或折射的光阀。在某些实施例中,可以使用非光学寻址光阀。这些可以包括但不限于电可寻址像素元件、可移动反射镜或微镜系统、压电或微致动光学系统、固定或可移动掩模、或屏蔽物、或者能够提供高强度光图案化的任何其他传统系统。对于电子束图案化,这些阀可以基于地址位置选择性地发射电子,从而在离开阀的电子束上注入(imbuing)图案。

[0114] 图3C示出了能量开关单元X0的细节和操作。如图3C所示,在s偏振状态下携带代表性输入图案376(这里如在8x12像素阵列中的数字“9”所见)的光束311入射在单像素液晶(LC)单元380上。根据需要旋转光束311的偏振状态的LC单元380通过线缆X4被计算机X3电刺激,以选择性地偏振光311的偏振状态旋转到光束313中的p偏振状态,然后将整个光束传递通过偏振器元件382进入携带图像信息335的光束317中。可选地,LC单元380可以由计算机X3通过线缆X4引导,以不旋转光束311的偏振状态,保持光束313中的s偏振的偏振状态,导致反射到携带图像信息337的光束315中。偏振器元件382也可以用于接收来自携带图像信息X2的源光束X1的光。基于其偏振状态,光束X1的路由是完全被动的,如果X1是s偏振,其将反射到光束317中,或者可选地,如果其是p偏振,其将传输到光束315中。

[0115] 其他类型的能量开关设备可以被替换或与所描述的LC单元结合使用。也可以使用反射LC单元、或基于机械运动的能量开关设备,例如可移动反射镜、或选择性折射,压电或微致动光学系统、固定或可移动掩模或屏蔽物、或任何其他能够提供高强度能量开关的常规系统。对于电子束,这些开关机构可以由将电子束引导到不同的通道或路径的大的EM场阵列组成。

[0116] 图3D是包括能够重复使用图案化的二维能量的开关站系统的增材制造系统的一

个实施例。类似于参照图1A讨论的实施例,增材制造系统220具有能量图案化系统,该能量图案化系统具有能量源112,该能量源112将一个或多个连续或间断的能量束引导向射束整形光学器件114。在整形之后,光束被能量图案化单元230二维图案化,通常一些能量被引导向被拒斥的能量处理单元222。图案化能量被多个图像中继装置232中的一个图像中继装置通常作为聚焦在可移动或固定高度床附近的二维图像朝向一个或多个物品处理单元234A、234B、234C、或234D中继。(具有可选壁的)床可以形成包含由材料分配器分配的材料 的室。由图像中继装置232引导的图案化能量可以熔化、熔融、烧结、合并、改变晶体结构、影响应力图案、或者以其他方式化学或物理地改变分配的材料以形成具有期望性质的结构。

[0117] 在该实施例中,被拒斥的能量处理单元具有多个部件,以允许再利用被拒斥的图案化能量。中继装置228A、228B和228C可以分别将能量传递给发电机224、热/冷热管理系统225或能量收集器226。可选地,中继装置228C可以将图案化能量引导到图像中继装置232中以用于进一步处理。在其他实施例中,图案化能量可由中继装置228C引导至中继装置228B和228A,以插入由能量源112提供的能量束中。还可以使用图像中继装置232再利用图案化图像。图像可以被重定向、反转、镜像、子图案化或以其他方式变换,以便分发到一个或多个物品处理单元234A-D。有利的是,图案化光的再利用可以提高增材制造过程的能量效率,并且在某些情况下提高指向床的能量强度,或者减少制造时间。

[0118] 图3E是示出用于再利用的被拒斥的能量束的简单几何变换的动画图235。输入图案236被引导到能够提供镜像像素图案238的图像中继装置237中。将要认识到,更复杂的像素变换是可能的,包括几何变换或者各个像素和像素组的图案重新映射。这种重新映射的图案可以被引导到物品处理单元,以提高制造吞吐量或光束强度,而不是浪费在束流收集器中。

[0119] 图3F是示出用于再利用的被拒斥的能量束的多个变换的动画图。输入图案236被引导到能够提供像素图案239的一系列图像中继装置237B-E中。

[0120] 在支持光回收和再利用的另一个实施例中,提供了多路复用来自一个或多个光源的多个光束。多个光束可以被重新整形和混合以提供第一光束。可以对第一光束施加空间偏振图案,以提供第二光束。第二光束的偏振状态可以被分离以反射第三光束,第三光束可以被重新整形为第四光束。第四光束可以作为多个光束之一被引入,以产生第五光束。实际上,该系统或类似系统可以降低与增材制造系统相关联的能量成本。通过收集、光束组合、均匀化和重新引入被在偏振修正模式下操作的空间偏振阀或光阀拒斥的不想要的光,总的透射光功率可能不受光阀施加的图案的影响。这有利地导致穿过光阀的光有效地重新分布到期望的图案中,增加了与图案化区域的量成比例的光强度。

[0121] 将来自多个激光器的光束组合成单光束是增加光束强度的一种方法。在一个实施例中,可以使用波长选择反射镜或衍射元件组合各自具有不同的光波长的多个光束。在某些实施例中,对波长相关折射效应不敏感的反射光学元件可用于引导多波长光束。

[0122] 图案化的光可以使用可移动的反射镜、棱镜、衍射光学元件或不需要大量的物理移动的固态光学系统来引导。在一个实施例中,对于增材制造的三维(3D)打印作业,可以确定与粉末床的顶表面的位置上的入射光的强度和像素大小相关联的放大率和图像距离。多个透镜组件中的一个透镜组件可以被配置成提供具有该放大率的入射光,其中透镜组件包括第一组光学透镜和第二组光学透镜,并且第二组光学透镜从透镜组件中可交换。安装在

补偿台架上的一组或更多组反射镜和安装在构建平台台架上的最终反射镜的旋转可以被用于将来自前体反射镜的入射光引导到粉末床的顶表面的位置上。补偿台架和构建平台台架的平移运动也能够确保入射光从前体反射镜到粉末床的顶表面的位置的距离基本上等于图像距离。实际上,这使得对于不同粉末化的材料在确保系统的高可用性的同时在构建区域的各个位置上的光束传递尺寸和强度能够快速改变。

[0123] 在某些实施例中,多个构建室(每个构建室具有容纳粉末床的构建平台)可以与多个光学-机械组件结合使用,所述光学-机械组件被布置成接收一个或更多个入射能量束并将其引导到构建室中。多个室允许在一个或更多个构建室内同时打印一个或更多个打印作业。在其他实施例中,可移除的室侧壁可以简化打印对象从构建室的移除,允许粉末化材料的快速交换。该室还可以配备有可调整的过程温度控件。

[0124] 在另一个实施例中,一个或更多个构建室可以具有被保持在固定高度的构建室,同时光学器件是垂直可移动的。可以通过在将构建平台保持在固定的高度的同时将最终光学器件向上根据相当于粉末层厚度的距离进行分度(indexing)来将透镜组件的最终光学器件和粉末床的顶表面之间的距离管理为基本恒定。有利的是,与垂直移动构建平台相比,较大和较重的对象可以更容易被制造,因为不需要构建平台不断变化的质量的精确的微米级移动。通常,旨在用于体积大于约0.1-0.2立方米(即大于100-200升或大于500-1000kg)的金属粉末的构建室将从保持构建平台在固定高度中获益最大。

[0125] 在一个实施例中,粉末床层的一部分可以选择性地熔化或熔融,以在粉末床层的熔融部分之外形成一个或更多个临时壁,从而在构建平台上包含粉末床层的另一部分。在选定的实施例中,可以在一个或更多个第一壁中形成流体通道,以实现改进的热管理。

[0126] 改进的粉末处理可以是改进的增材制造系统的另一个方面。支撑粉末床的构建平台可以倾斜、翻转和摇动,以在送料斗中将粉末床与构建平台基本分离。形成粉末床的粉末材料可以被收集在送料斗中,以便在以后的打印作业中重复使用。粉末收集过程可以是自动的,以及真空或气体喷射系统也被用于帮助粉末的移动和移除。

[0127] 所公开的增材制造系统的一些实施例可以被配置成容易处理比可用室更长的零件。连续(长)零件可以在纵向方向上从第一区顺序前进到第二区。在第一区中,颗粒状材料中的选定颗粒可以被合并(amalgamated)。在第二区中,颗粒状材料的未合并的(unamalgamated)颗粒可以被去除。连续零件的第一部分可以从第二区前进到第三区,同时连续零件的最后部分形成在第一区内,并且第一部分在该第一部分在第一区和第二区内占据的侧向和横向方向(lateral and transverse)上保持相同的位置。实际上,增材制造和清理(例如,分离和/或收回未使用的或未合并的颗粒状材料)可以在零件传送带上的不同位置或区处并行(即,同时)进行,而不需要停下来移除颗粒状材料和/或零件。

[0128] 在另一个实施例中,可以通过对限制外壳内部和外壳外部之间气体物质交换的外壳的使用来提高增材制造能力。气闸提供了内部和外部之间的接口;其中内部具有多个增材制造室,包括那些支持动力床熔融的增材制造室。气体管理系统将内部的气态氧保持在极限氧浓度或低于极限氧浓度,增加了系统中可使用的粉末类型和处理的灵活性。

[0129] 在另一个制造实施例中,可以通过将3D打印机包含在外壳内来提高能力,打印机能够产生重量大于或等于2000千克的零件。气体管理系统可以将外壳内的气态氧保持在低于大气水平的浓度。在一些实施例中,轮式车辆可以通过气闸从外壳内部运输零件,因为气

闸操作以在外壳内部的气体环境和外壳外部的的气体环境之间进行缓冲,并到达外壳和气闸二者外部的的位置。

[0130] 其他制造实施例包括在粉末床熔融增材制造系统中实时收集粉末样品。摄取系统(ingester system)用于粉末样品的过程中收集和表征。收集可以定期进行,且表征的结果导致对粉末床熔融过程的调整。摄取系统可选择性地用于审计、过程调整或诸如修改打印机参数或验证许可粉末材料的适当使用的操作中的一项或更多项。

[0131] 描述了对增材制造过程的另一种改进,其可以通过使用操纵器设备来被提供,所述操纵器设备诸如起重机、提升台架、机器人臂或类似装置,其允许对人类难以或不可能移动的零件进行操纵。操纵器设备可以抓住零件上各种永久或临时增材制造的操纵点,以实现零件的重新定位或操纵。

[0132] 根据本公开,提供了一种能够回收被拒斥的、不想要的和/或未使用的的光的光学系统。回收和再利用不想要的光会增加提供给构建平台的激光器发射的光的强度。此外,回收和再利用不想要的光可以降低与系统相关联的能量成本。通过收集、光束组合、均匀化和重新引入由在偏振修正模式下操作的空间偏振阀或光阀拒斥的不想要的光,总的透射光功率可能不受光阀施加的图案的影响。这有利地导致穿过光阀的光有效地重新分布到期望的图案中,从而增加与图案化的区域的量成比例的光强度。这对于使用粉末床熔融技术的先进增材制造方法(例如本文参照图1A-3B描述的那些方法)特别有用,且特别是对于激光增材制造特别有用。这是因为增加强度可以允许更短的停留时间和更快的打印速率,从而在保持效率的同时提高材料转化率。

[0133] 通过光阀或光调制器,光的空间图案可以压印在光束上。当光强度是光学系统的关注点或品质因数时,保存系统功率是优先考虑的。基于液晶的设备能够通过选择性地旋转光束中的“像素”并且然后使光束通过偏振器来分离旋转的像素和未旋转的像素,从而图案化偏振光束。光子可以与光阀的原始输入光束组合并均匀化,而不是丢弃被拒斥的偏振状态。光路可分为三段,包括:1)光源和光阀之间的光传输分数(本文标记为“ f_1 ”),2)光阀和光源之间的光传输分数,例如,考虑返回回路(本文标记为“ f_2 ”),以及关于期望的传输状态图案化的光阀的分数(本文标记为“ f_p ”)。最终光功率可以用方程式1表示如下:

[0134] 方程式1:
$$P = P_0 \frac{(f_1 f_p)}{1 - f_1 f_2 (1 - f_p)}$$

[0135] 因此,根据方程式1,当透射分数 f_1 和 f_2 增加到全值1时,最终功率等于初始功率,而不管被图案化的光束分数如何。最终强度相对于与图案化区域的量成比例的初始强度增加。这种增加的强度需要在停留时间中进行补偿,然而这是先验已知的。

[0136] 这个概念的一个示例实现方式是在增材制造领域,其中激光用于熔化粉末材料层。如果没有光束回收,随着图案化区域填充系数的降低,材料打印速率也会降低,从而降低打印机的整体大量生产速率。由于对光的回收导致的停留时间补偿,使得对于更高强度停留时间以非线性方式缩短。更短的停留时间往往导致更快的打印速度和更快的总质量转化率。这种提高对于低填充系数打印区域的材料打印速率的能力使得增材制造机器能够保持高水平的粉末到设计的形状的转化率,从而产生更高性能的产品。

[0137] 这一概念的另一个示例实现方式是使用光杆,光杆在构建平台上扫过并在扫过时进行开和关的调制,以从粉末基底产生二维(2D)固体层。结合这个示例使用回收的光是新

颖的。在整个构建平台上扫过的杆的使用要求它需要始终能够以100%填充系数进行打印。然而,通常只有10-33%的构建平台被使用过。这种低填充系数意味着,平均而言,激光功率的资产设备(capital equipment)对于系统大3到10倍。然而,如果光可以被回收,并且杆扫描速度被修改以匹配与填充系数成比例的所需停留时间,那么打印速度可以被增加,使得它更接近最佳填充系数效率。在这种情况下,可以充分利用资产设备。利用扫描光杆进行打印的能力使得单向打印成为可能,从而简化了移动光所需的台架系统。这种能力还允许容易集成粉末扫掠机构。

[0138] 打印杆概念的另一个示例实现方式包括跟随杆的粉末分发系统,其在打印前一层时放置下一层粉末。有利的是,这可以最小化系统停机时间。

[0139] 光回收的另一个示例实现方式是与一个或更多其他打印室共享光。这个示例有效地使可用的激光看起来像是一种按需资源,很像是墙壁插座处的电力。

[0140] 如先前关于图2和相关描述所指出的,回收光不必局限于均匀化的无图案光束的再利用。图案化图像的再利用也是可能的,其中被拒斥的光图案能够被反转、镜像、子图案化或以其他方式变换以分发给一个或更多物品处理单元。

[0141] 图4A是示出能量图案化二叉树系统400的动画图,该能量图案化二叉树系统能够从一个输入401和 (2^n-1) 个图案化水平402A-D生成 2^n 个图像。在每个阶段处,可以创建“正”光图案和“负”或被拒斥的光图案对应物,并将其引导朝向额外的图案化单元或作为图案化输出408。每个光图案可以通过多级变换404进一步修改,多级变换404可以修改图案、降低选定图案区域中的强度或者以其他方式改变光特性。

[0142] 图4B是示出通过使用组合的光图案化和操控机构412从一个输入411到多个输出414的图案回收的动画图410。在该示例中,提供了四个输出路径,其中第一可能的输出路径没有图案化的光,第二输出路径具有被镜像的但除此之外与输入图案411相同的降低光强度图案,第三输出路径具有通过光像素重定向产生的新图案,以及第四输出路径具有显著更小且更高光强度的图案。要理解的是,这些图案仅仅是示例,并且可以通过适当的调整形成更小、更大、形状不同或者具有更低/更高光强度的图案的各种各样的输出图案。在一些实施例中,可以通过对整个输入图像的光学反射、反转等来修改输出图案,而在其他实施例中,像素块或单独的像素级调整是可能的。

[0143] 图4C是示出通过使用组合的光图案化和操控机构422从多个输入421到输出424的图案回收的动画图420。在该示例中,通过旋转或翻转光输入图案2、3和4以匹配输入图案1并与之组合,四个图案化的输入被组合成更高强度的输出424。类似于动画图4B,应当理解的是,这些图案仅仅是示例,并且允许对图案和光强度进行整体图像、像素块或单个像素级修改。

[0144] 图4D是用于增材制造的开关站概念的实现方式的示意性示例,详细描述了两个光阀图案化步骤和光束重定向,其中每个图像只能访问一半的能量操控单元。在这个示例中,一个图像只能访问射束操控单元471、462、472和466,而第二个图像可以访问470、473、455和474。在操作中,处于s偏振状态的未图案化红外光束430入射在能量图案化单元432(类似于例如图3B的光图案化单元316)上,能量图案化单元432由来自投射器的图案化紫外图像433(这里是以8x12像素格式的数字“9”的表示)经由光束434寻址。只要UV光入射到能量图案化单元上,包含图像信息433的光束431的偏振状态就被保持。当430入射在偏振器元件内

部时,能量图案化单元432然后使光束分离,沿着光束435将处于p偏振状态的图像446引导到能量开关单元447(例如,如图3C中通过X0所描述的)。然后,处于s偏振状态的图像437沿着光束436被发送到第二能量图案化单元438,该第二能量图案化单元438由包含图像信息439的UV光束440寻址。能量图案化单元438沿着光束441将p偏振状态的图像442发送到能量开关单元449。来自能量图案化单元438的s偏振的图像444沿着光束443被发送到束流收集器445,在束流收集器445处其被拒斥或以其他方式被利用。

[0145] 如446所示的第一图像入射到能量开关单元447上,能量开关单元447接收包含p偏振状态的图像信息446的光束435,并且在该示例中,将其未改变地传递到光束457(仍然包含图像信息446并保持p偏振),然后光束457入射在能量开关单元458上。能量开关单元458接收包含图像信息446的光束457,并且在该示例中,将其传递到转换成s偏振状态的光束463,该光束463仍然包含图像信息446,然后光束463入射在能量开关单元464上。能量开关单元464接收包含图像信息446的光束463,并且在该示例中,将其传递到保持s偏振状态的光束465(仍然包含图像信息446),然后光束465入射在能量操控单元466上。能量操控单元466可以是机械(旋转)检流计或其他固态或旋转设备,然后将光束465在其运动范围内引导到打印床上的期望图块位置。

[0146] 如442所示的第二图像入射在能量开关单元449上,能量开关单元449接收包含p偏振状态的图像信息442的光束441,并且在该示例中,将其未改变地传递到光束450(仍然包含图像信息442并保持p偏振),然后光束450入射在能量开关单元451上。能量开关单元451接收包含图像信息442的光束450,并且在该示例中,将其传递到保持p偏振状态的光束467(仍然包含图像信息442),然后光束467入射在能量开关单元468上。能量开关单元468接收包含图像信息442的光束467,并且在这个示例中,将其传递到保持p偏振状态的光束469(仍然包含图像信息442),然后光束469入射在能量操控单元470上。能量操控单元470可以是机械(旋转)检流计或其他固态或旋转设备,然后将光束469在其运动范围内引导到打印床上的期望图块位置。在该示例中,诸如在至少关于图3D和图5A-C的公开中讨论的图像中继发生在光束435/441和能量操控单元之间。透镜、反射镜和其他前置、后置或中间光学器件在该图4D中未示出,但是可以根据需要使用。

[0147] 图4E是开关站概念的实现方式的示意性示例,详细描述了两个光阀图案化步骤和光束重定向,其中开关被展示以访问全部的能量操控单元。在这个示例中,一个图像现在可以访问射束操控单元471、462、472、466、470、473、455和474。处于s偏振状态的未图案化红外光束430入射在能量图案化单元432上(如图3B中的316所示),能量图案化单元432通过光束434由来自投射器的图案化紫外图像433(这里是以8x12像素格式数字“9”的表示)寻址。只要UV光入射在能量图案化单元上,包含图像信息430的光束431的偏振状态就被保持。当430入射在偏振器元件内部时,能量图案化单元432则将沿着光束435以p偏振状态引导图像446的光束分离到能量开关单元447(如图3C中通过X0所描述的)。然后,s偏振状态的图像437沿着光束436被发送到第二能量图案化单元438,该第二能量图案化单元438由包含图像信息439的UV光束440寻址。能量图案化单元438沿着光束441将p偏振状态的图像442发送到能量开关单元449。来自能量图案化单元438的处于s偏振中的图像444沿着光束443被发送到束流收集器445,在束流收集器445处其被拒斥或以其他方式被利用。

[0148] 如446所示的第一图像入射在能量开关单元447上,能量开关单元447接收包含处

于p偏振状态的图像信息446的光束435,并且在该示例中,将偏振状态修改为s偏振,导致切换到光束448(仍然包含图像信息446),然后光束448入射在能量开关单元449上。能量开关单元449接收包含图像信息446的光束448,并且在该示例中,将其传递到保持s偏振状态不变的光束450(仍然包含图像信息446),然后光束450入射在能量开关单元451上(该过程在图3C中是通过光束X1与偏振器382相互作用成光束317来详细描述)。能量开关单元451接收包含图像信息446的光束450,并且在该示例中,将其传递到保持s偏振状态的光束452(仍然包含图像信息446),然后光束452入射在能量开关单元453上。能量开关单元453接收包含图像信息446的光束452,并且在这个示例中,将其传递到保持光束为p偏振状态的光束454(仍然包含图像信息446),然后光束454入射在能量操控单元455上。能量操控单元455可以是机械(旋转)检流计或其他固态或旋转设备,然后将光束454在其运动范围内引导到打印床上的期望图块位置。

[0149] 如442所示的第二图像入射在能量开关单元449上,能量开关单元449接收包含p偏振状态的图像信息442的光束441,并且在该示例中,将偏振状态修改为s偏振,导致切换到仍然包含图像信息442的光束456,然后光束456入射在能量开关单元447上。能量开关单元447接收包含图像信息442的光束456,并且在该示例中,将其传递到保持s偏振状态不变的光束457(仍然包含图像信息442),然后光束457入射在能量开关单元458上(该过程在图3C中是通过光束X1与偏振器382相互作用成光束317来详细描述)。能量开关单元458接收包含图像信息442的光束457,并且在这个示例中,将其传递到将光束修改为p偏振状态的光束459(仍然包含图像信息442),然后光束459入射在能量开关单元460上。能量开关单元460接收包含图像信息442的光束459,并且在这个示例中,将其传递到将光束修改为s偏振状态的光束461(仍然包含图像信息446),然后光束461入射在能量操控单元462上。能量操控单元462可以是机械(旋转)检流计或其他固态或旋转设备,然后将光束461在其运动范围内引导向打印床上的期望图块位置。在该示例中,诸如在至少关于图3D和图5A-C的公开中讨论的图像中继发生在光束435/441和能量操控单元之间。透镜、反射镜和其他前置、后置或中间光学器件在该图4E中未示出,但是可以根据需要使用。

[0150] 图5A是示出使用打印杆概念对多个图块进行区域打印的动画图500。打印杆506可以包含检流计反射镜组、或者不一定需要可移动反射镜的固态系统。多个输入图案503被多个图像中继装置504重定向到合并图像管和光学器件的固态阵列的打印杆506中。如图所示,打印杆506可以沿着单个轴在粉末床510上方移动,选择性地照射一个或更多个图块512。在具有较大粉末床的其他实施例中,打印杆可以沿着X轴和Y轴移动以覆盖粉末床510。在一个实施例中,与打印杆相关联的光学器件可以被固定以支持单个图块大小,而在其他实施例中,可移动光学器件可以用于增加或减少图块大小,或者补偿打印杆的任何Z轴移动。在另一个实施例中,图案化图像可以使用回收的光图案来创建,回收的光图案包括但不限于例如参考图4A所讨论的能量图案化二叉树系统。在某些实施例中,可以在给定的时间段内同时打印多个图块。可选地,如果可用的图案化能量、热问题或其他打印杆配置问题不允许完全利用,则可以在不同时间打印图块的子集。

[0151] 图5B是示出使用由多个射束操控单元组成的高架固定阵列系统对多个图块进行区域打印的动画图501。在508中划出界线的单位单元的射束操控单元可以由可移动反射镜(检流计)或可选的固态射束操控系统组成。多个输入图案503被多个图像中继装置504重定

向到合并光学器件阵列的基体508中。基体508的尺寸与粉末同延,并且不需要在粉末床510上方移动。这大大减少了与移动打印杆相关联的误差,并且可以简化系统的组装和操作。在一个实施例中,与基体相关联的光学器件可被固定以支持单个图块大小,而在其他实施例中,可移动光学器件可用于增加或减少图块大小,或者补偿基体508的任何Z轴移动。如同参照图5A讨论的实施例,可以使用回收的光图案来创建图案化图像,回收的光图案包括但不限于例如参照图4A、图4D或图4E讨论的能量图案化二叉树系统。在某些实施例中,可以在给定的时间段内同时打印多个图块。可选地,如果可用的图案化能量、热问题或其他基体配置问题不允许完全利用,则可以在不同时间打印图块的子集。

[0152] 图5C是示出使用可选的分级系统对多个图块进行区域打印的动画图502。多个输入图案503被多个图像中继装置504重定向到单独的射束操控单元510中,射束操控单元510又将图案化的图像引导到合并多个光学器件和射束操控单元的基体508中。基体508的尺寸与粉末同延,并且不需要在粉末床510上方移动。如同参照图5A讨论的实施例,可以使用回收的光图案来创建图案化图像,回收的光图案包括但不限于例如参照图4A讨论的能量图案化二叉树系统。在某些实施例中,可以在给定的时间段内同时打印多个图块。可选地,如果可用的图案化能量、热问题或其他基体配置问题不允许完全利用,则可以在不同时间打印图块的子集。

[0153] 图6是示出光能回收方面的流程图600。如图所示,示出了用于将光能量分发到预定区域(例如单个打印床)的方法。在步骤602中,预期打印对象(包括支撑结构)在计算上被划分或分割成j个切片, $j=1$ 至j。通常,整个打印对象被划分,但是在某些实施例中,可以制造整个打印对象的子集或部分。每个通过计算定义的切片在下一个切片之前被完全打印。

[0154] 在步骤604中,对于每个切片,所有要被打印的像素被确定,并且被划分成图块。图块可以被构造成任何形状,包括正方形、矩形或圆形。图块不必与相邻的图块相接,也不必具有相同的形状。每个图块必须作为一个整体通过由透射或反射光阀或其它能量束图案化单元(如本文所公开的)引导的二维能量束图像可寻址。

[0155] 在步骤606中,建立用于打印K个图块的序列。通常,连续或相邻的图块可以按顺序处理,但是在一些实施例中,可以处理广泛散布的图块。这可以允许更好地分配热量并冷却零件或打印床。

[0156] 在步骤608中,确定产生每个期望图块的图案化能量。在步骤610中,完成切片J中的K个图块的打印,然后对所有的J个切片重复该过程。

[0157] 在步骤612中,来自光阀的被拒斥的能量可以被回收和/或集中,以改善打印性能或减少总能量使用。例如,如果使用能够寻址400万(4M)个像素的光阀,则可以定义包含100万(1M)个像素的图块,并且所有的光被回收回到那些剩余的1M个像素。这可以提供增加高达四倍的有效光强度。针对每个切片/图块以及给定的材料和粘结层深度有效地调整功率通量范围的能力为系统设计和操作提供了灵活性。例如,该方法在输入功率通量为 P_0 但需要更高的值 P 以使 $P_0 < P_1 \leq P \leq P_2$ 来有效熔化材料或定义层厚度的系统中是有用的。该方法可以通过将功率水平 P 集中在 $[P_1, P_2]$ 的范围内,使用被回收的或集中的能量来成像在该时间间隔内熔化的适当数量的像素。

[0158] 图7是示出在给定时间段内在时间上分配可用光或能量的方法的流程图720。通常,光或能量仅被引导向准备接收图案化图像并形成零件的一个或更多个打印床,但是在

某些实施例中,一些能量也可以被均匀化并用于一般的室加热或粉末床调节。

[0159] 在该方法的步骤722中,直到打印完成为止,定义一系列时间步骤 t 。在步骤724中,对于每个时间间隔,创建所有(或许多)可能的打印位置和图块的列表。在包括多个打印床的一个实施例中,针对每个打印床选择一个合格的图块。在步骤728中,做出关于如何在合格的图块中分配可用光的决定。该决定可以取决于像素尺寸、图块优先级、像素重新映射能力或材料性质。例如,低需求的像素可以被重新映射成高需求的像素或者被“回收”以集中功率电平 P 。在其他实施例中,可以在其他之前优先打印选定的图块。这允许邻近最近打印的图块或管理热处理的冷却/加热速率。分配能量也可以取决于像素重新映射系统,以旋转、反转或镜像能力的可用性来修改图块打印优先级。如果在相同或不同的打印床上使用多种类型的材料,功率水平或能量浓度可能取决于材料的熔点。例如,钢可能需要 P_1 功率水平,而钨需要更高的通量 P_2 。

[0160] 在步骤730中,如步骤728中所确定的,能量被图案化,并且在步骤732中,所有选择的图块同时接收图案化的能量。在一些实施例中,指向图块的能量模式的子集可以用于加热,而不是用于熔化或熔融。最后,关于在步骤722中定义的下一时间间隔重复该过程。图8A和图8B一起示出支撑多个室的示例性开关站系统800A和800B。多个能量束输入可以包括未图案化的功率束发生器802、图案化的写入束804或通过光束回收注入端口806提供的被回收的能量。能量由光阀808图案化,光阀808将能量束分成正图像和负图像810。负光束812可以通过开关站820重新映射或者通过注射端口806被回收。正图像可以被路由到开关站820,并被引导到期望的室部分或室。用于重新映射的负功率束816和正功率束818的开关站输入可以在开关站820中被路由、组合、重定向或强度或图案修改。开关站820的输出可以被引导到一个或更多个室822、一个或更多个子室824或者多个室中的多个子室。

[0161] 有利的是,开关站系统可以支持其中图像中继装置保存生成的并被传输到增材制造粉末床上的图像的空间和角功率密度含量(以光学扩展量(etendue)的形式)的实施例。这不同于许多传统的图像中继系统,传统的图像中继系统保持空间性质而不保持角功率密度。它也不同于保持角功率密度而不保持空间性质的许多传统的功率传输光学器件(即非成像光学器件)。开关站系统的选定实施例允许通过到任意数量的打印室的一个或更多个开关水平来保持空间和角功率密度。

[0162] 出于本公开的目的,从源角度来看,光学扩展量可以被定义为源面积和从源看去系统入射光瞳对着的立体角的乘积。等效地,从系统的角度来看,光学扩展量等于入射光瞳的面积乘以从光瞳看源对着的立体角。

[0163] 光学扩展量很重要,因为在任何保存光功率的光学系统中,它都不会降低。完美的光学系统产生与源具有相同光学扩展量的图像。光学扩展量与拉格朗日不变量和光学不变量有关,它们在理想光学系统中具有恒定的性质。光学系统的辐射等于辐射通量相对于光学扩展量的导数。光学扩展量也可以依据以 $\text{mm} \cdot \text{mrad}$ 为单位的光束参数乘积(BPP)来考虑。与正方形接收区域的长度乘以图像平面的接收角度相比,这对应于正方形发射区域的长度乘以源的发射角度。在一个实施例中,二维图案化能量束保持在射束图案化单元处生成的并在至少一个粉末床处接收的二维图案化图像的大于50%的角功率密度和75%的光学扩展量。在其他优选实施例中,二维图案化能量束保持在射束图案化单元处生成的并在至少一个粉末床处接收的二维图案化图像的大于70%的角功率密度和85%的光学扩展量。在某

些实施例中,功率由一个或多个二极管激光器提供。

[0164] 如将认识到的,有许多适用于前述实施例的应用。例如,医疗应用可以包括通过图案化医疗激光的形状和强度以更快地使纹身墨水饱和来快速去除纹身或葡萄酒色斑,从而减少对顾客的伤害和痛苦。通过基于期望的治疗图案化形状和强度的皮肤表面重塑或修改是可能的,通过图案化形状和强度水平对变化的组织进行外科烧灼也是可能的。另一个潜在的应用是通过光动力疗法或通过荧光团图案化使用图案化的光和强度来切除癌症。类似地,骨、牙齿、眼睛晶状体或眼睛白内障切除可以通过较低的热冲击图案化和整形的可用性来改善。

[0165] 材料处理也可以通过所描述的光处理方法和系统来改进,其中简化了3D打印零件的处理、增材制造或加工零件的去毛刺、平滑或纹理表面处理。对“透明”结构的应力的体积修正(去除或增强)是可能的。基于图像的关键对准组件焊接;通过嵌入只能使用应力计查看的应力图案进行的基于图像的产品认证;以及基于图像的钻孔也被改进。

[0166] 军事应用可以包括应力图案认证、能量武器像差校正的相位和振幅图案化以及目标表面穿透增强。所描述基于时间的射束操控直接适用于集中式能量武器系统对多个发射端口的分时。其他军事应用可以包括图像形状的等离子体创建和透镜化,以及同时瞄准多个物体,而不需要使用易碎且难以定位的光学机械系统。

[0167] 受益于在前述描述和相关附图中呈现的教导的本领域中的技术人员将会想到本发明的许多修改和其它实施例。因此,应当理解,本发明不限于所公开的特定实施例,并且修改和实施例被规定为被包括在所附权利要求的范围内。还应当理解,本发明的其他实施例可以在缺乏本文没有特别公开的元件/步骤的情况下被实践。

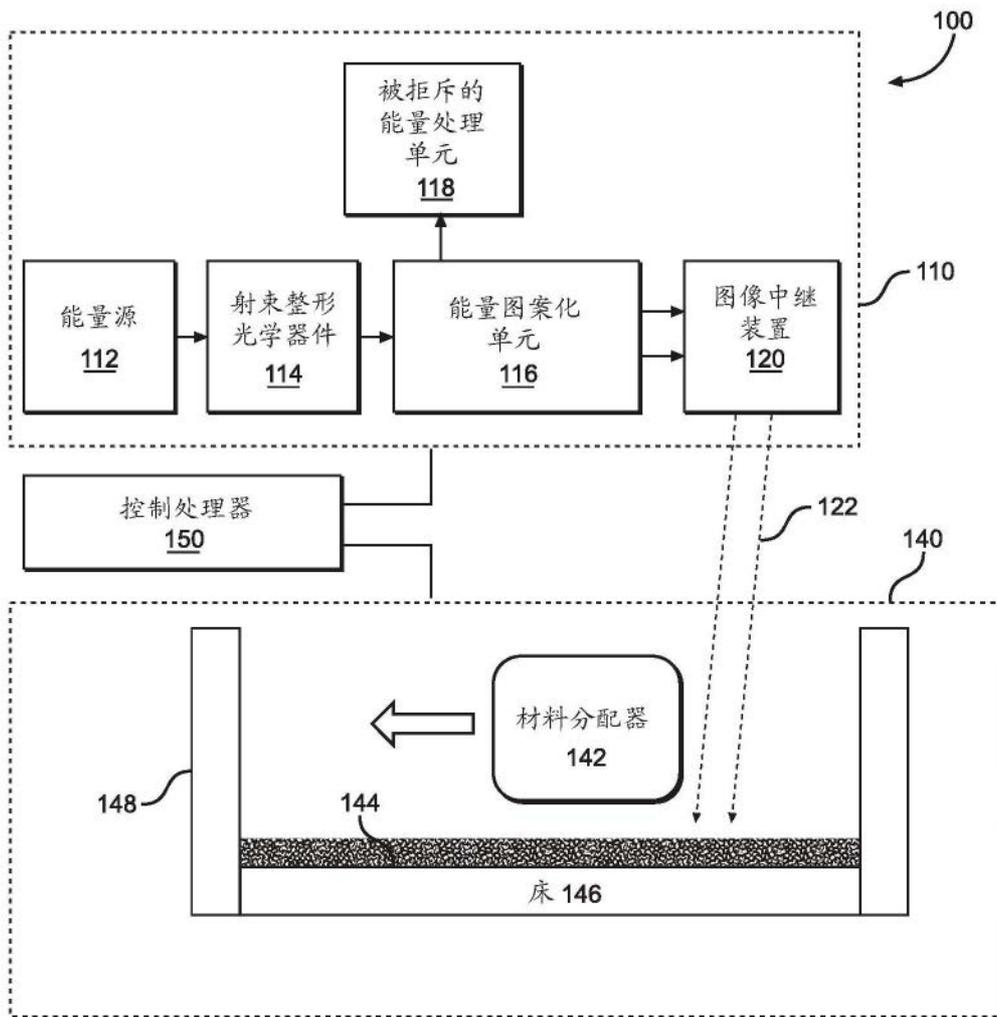


图1A

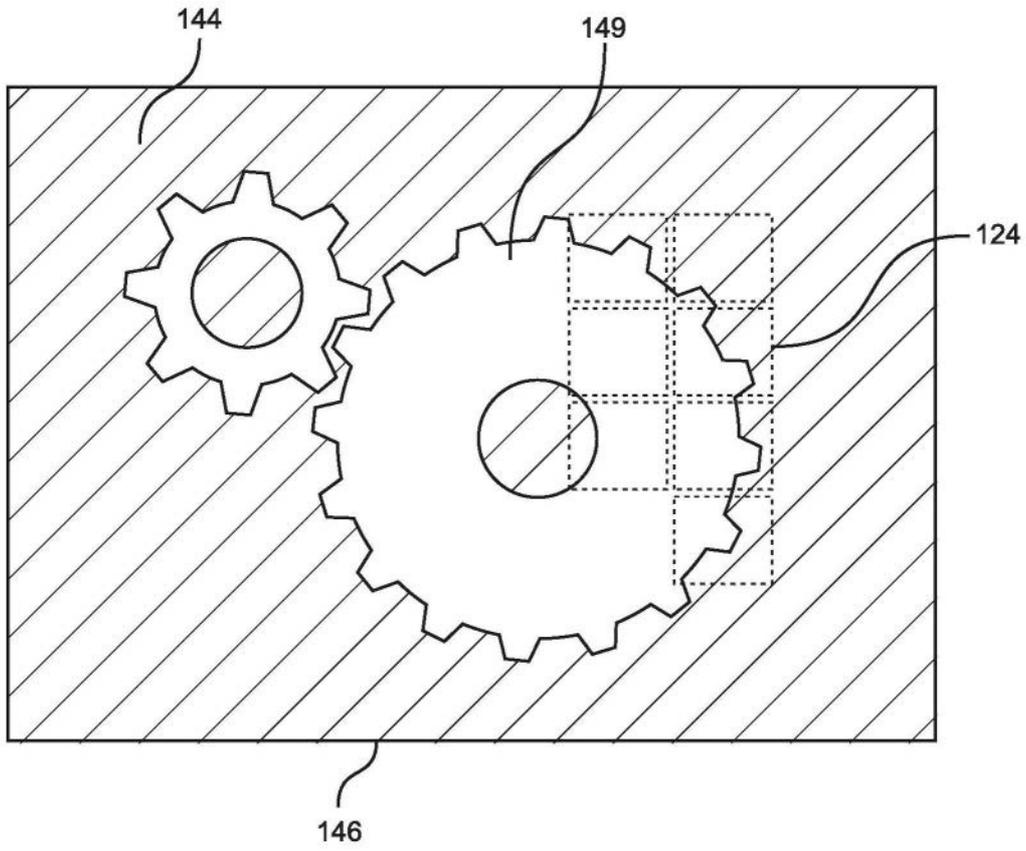


图1B

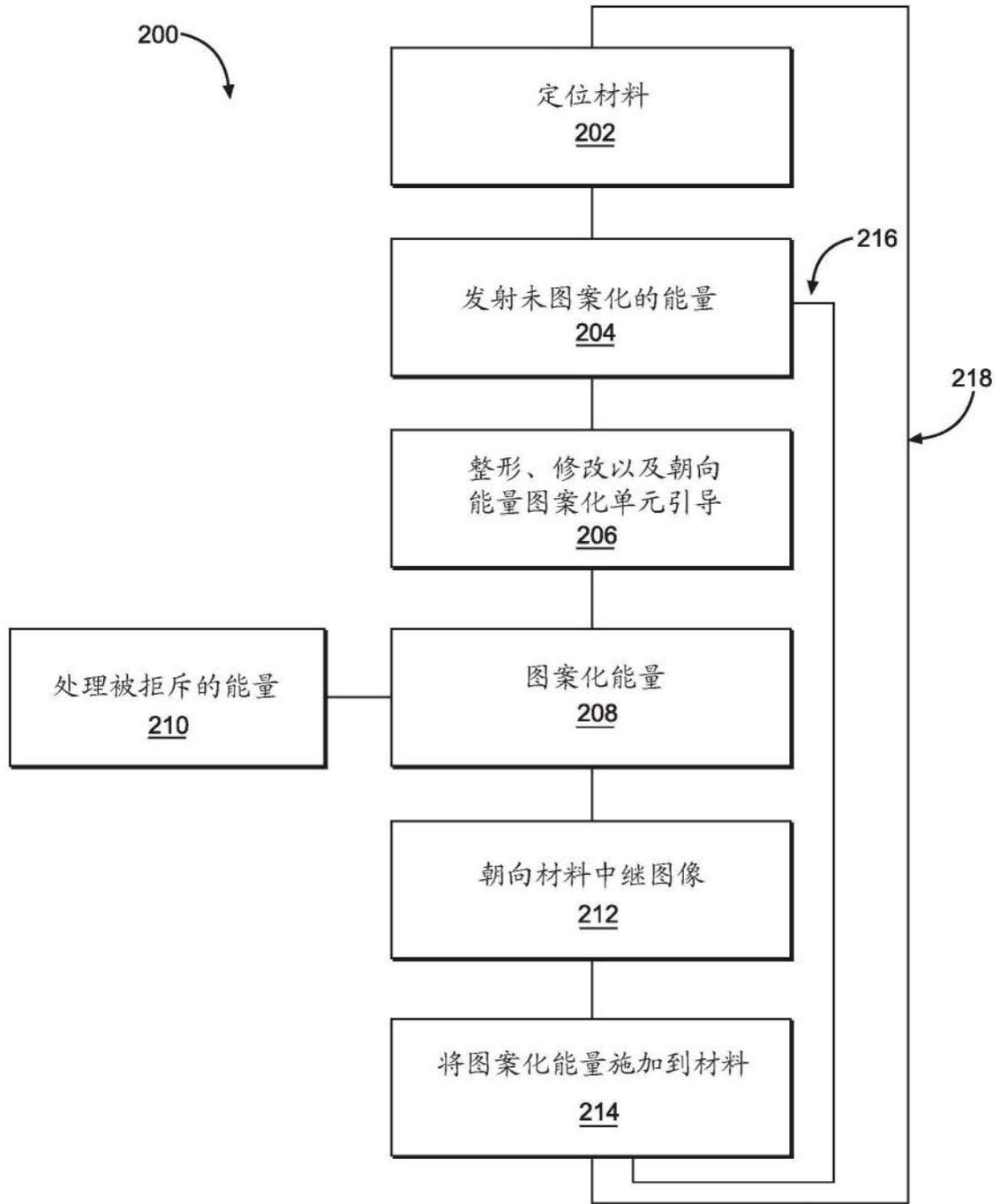


图2

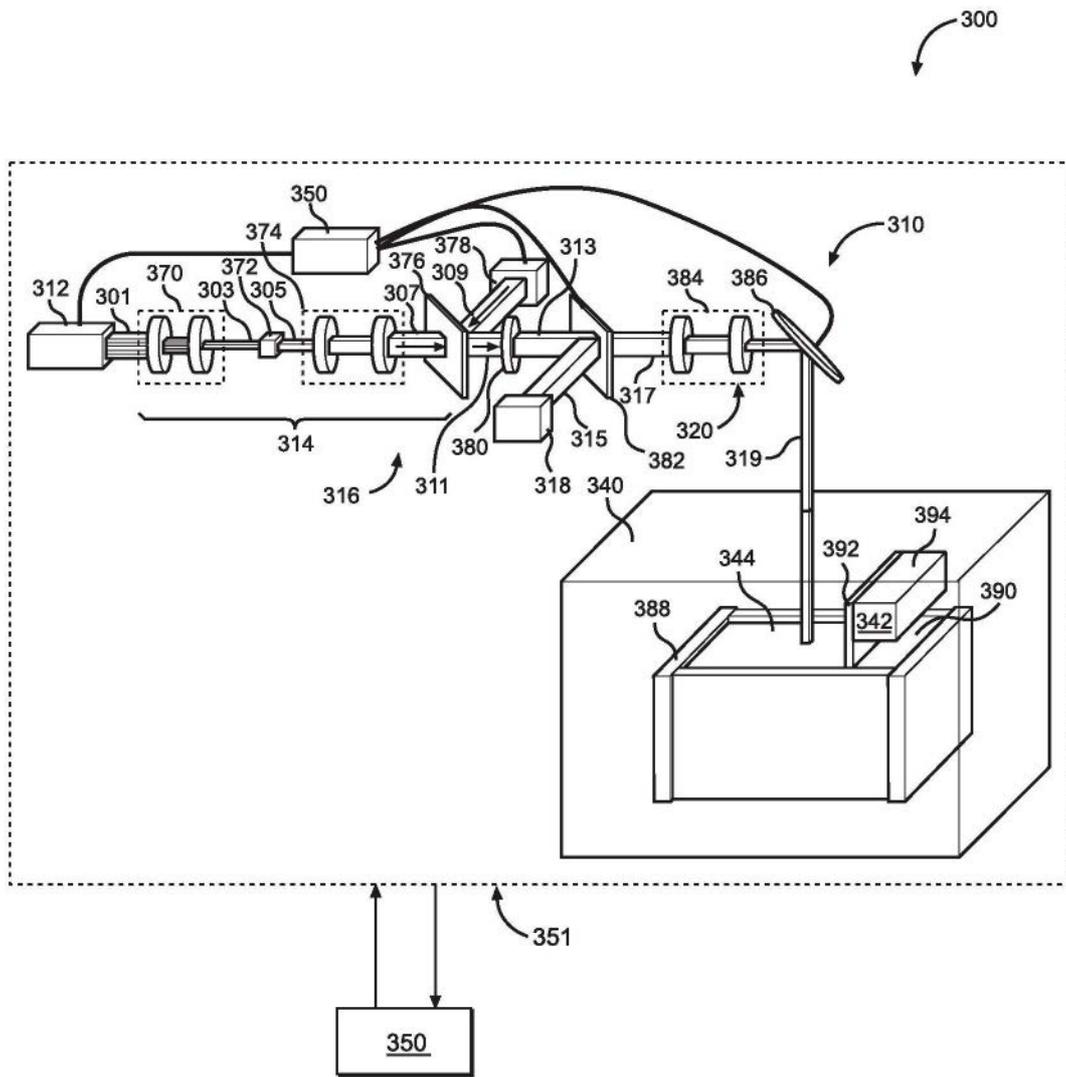


图3A

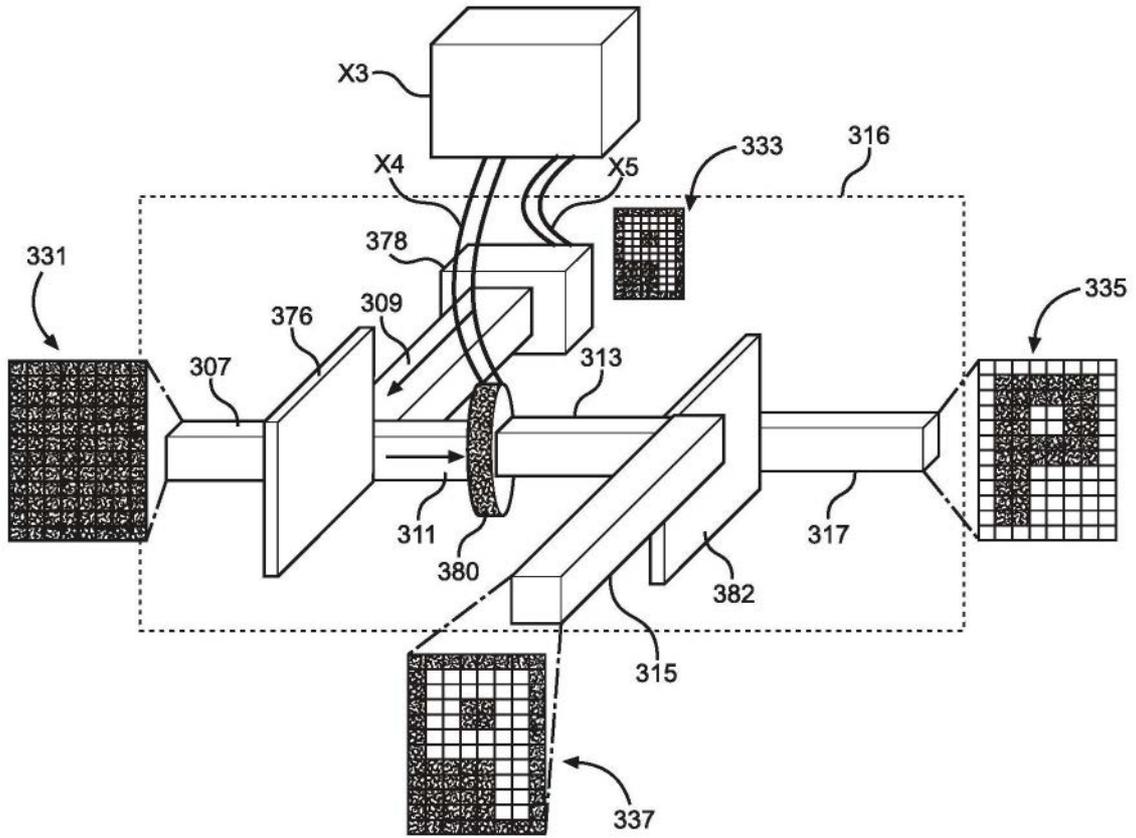


图3B

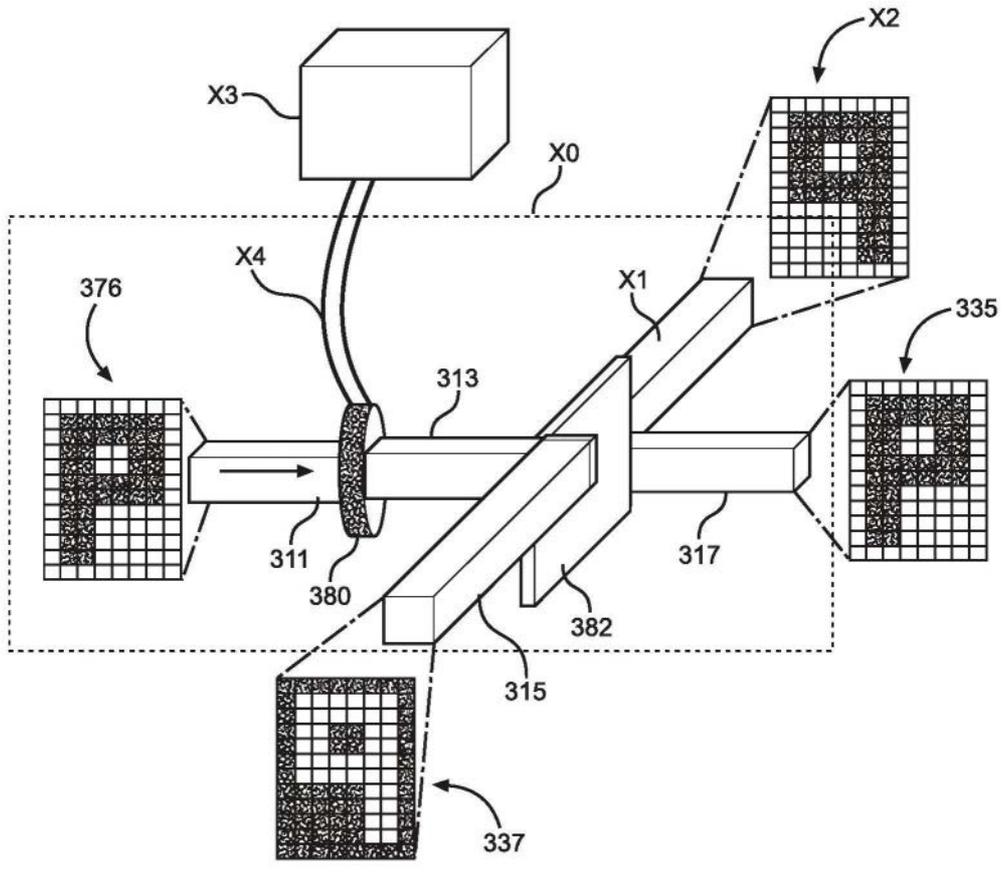


图3C

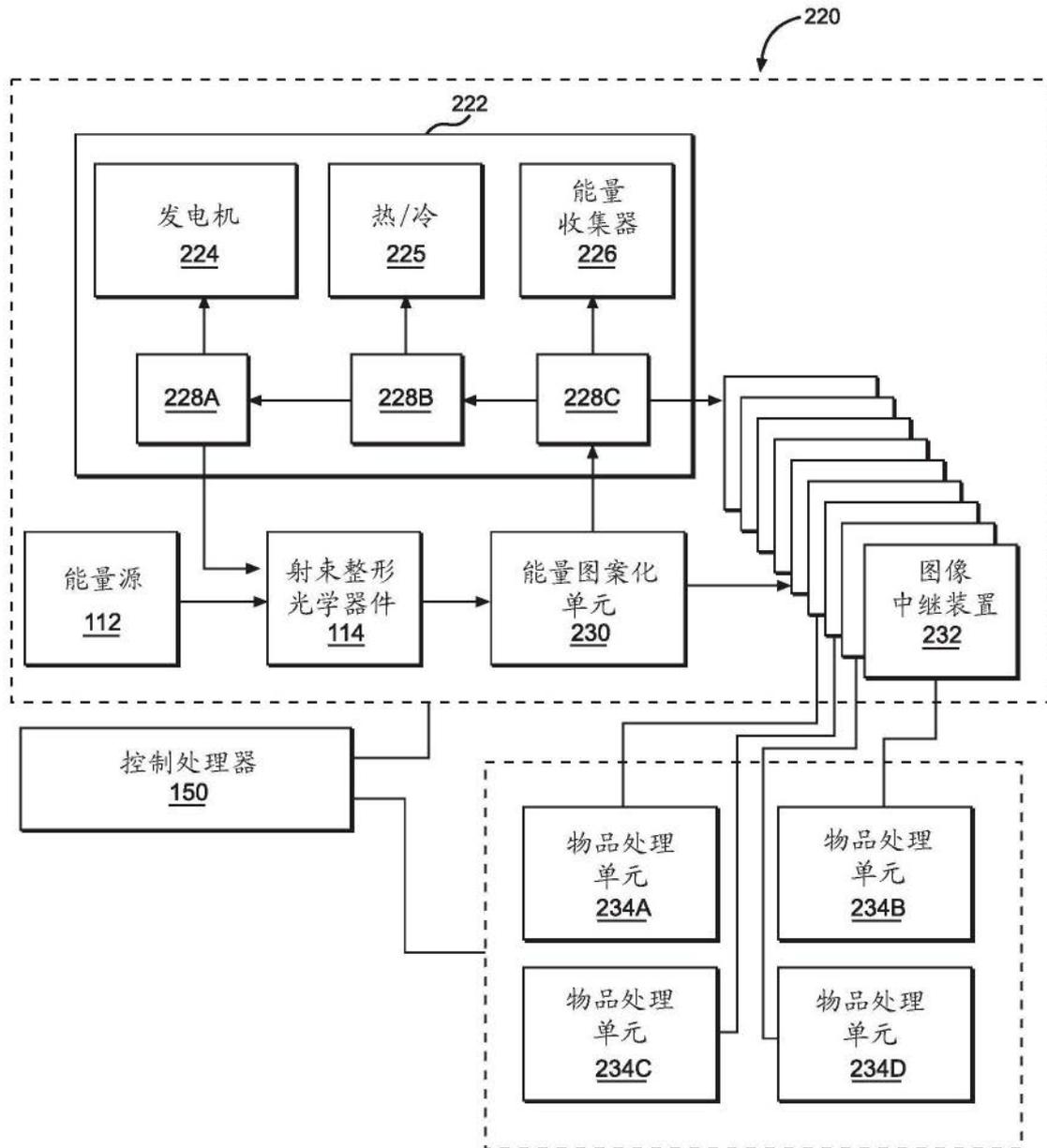


图3D

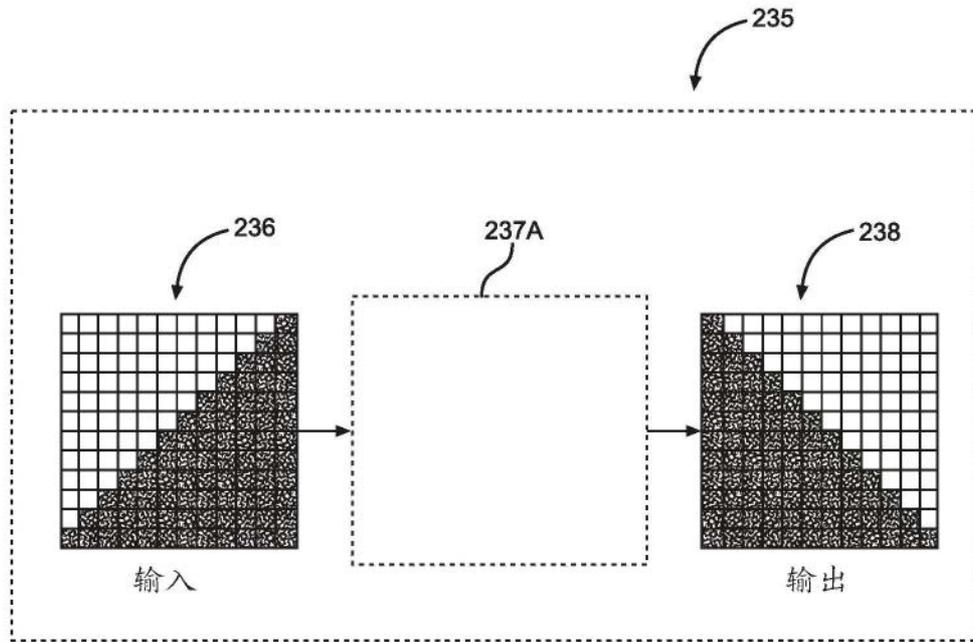


图3E

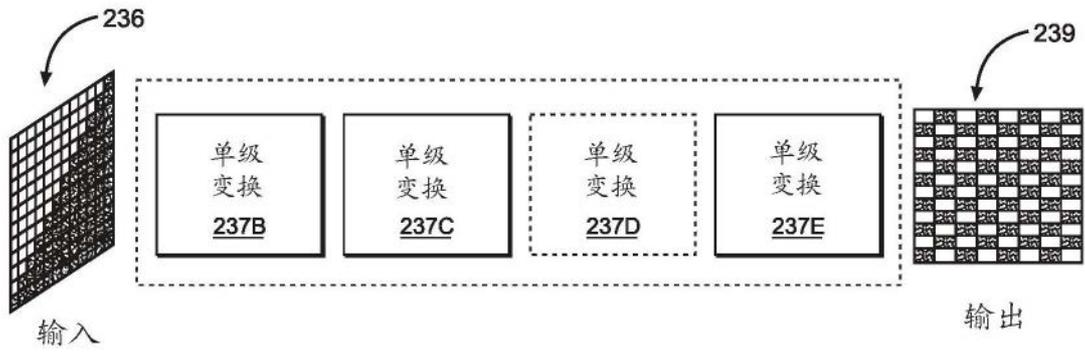


图3F

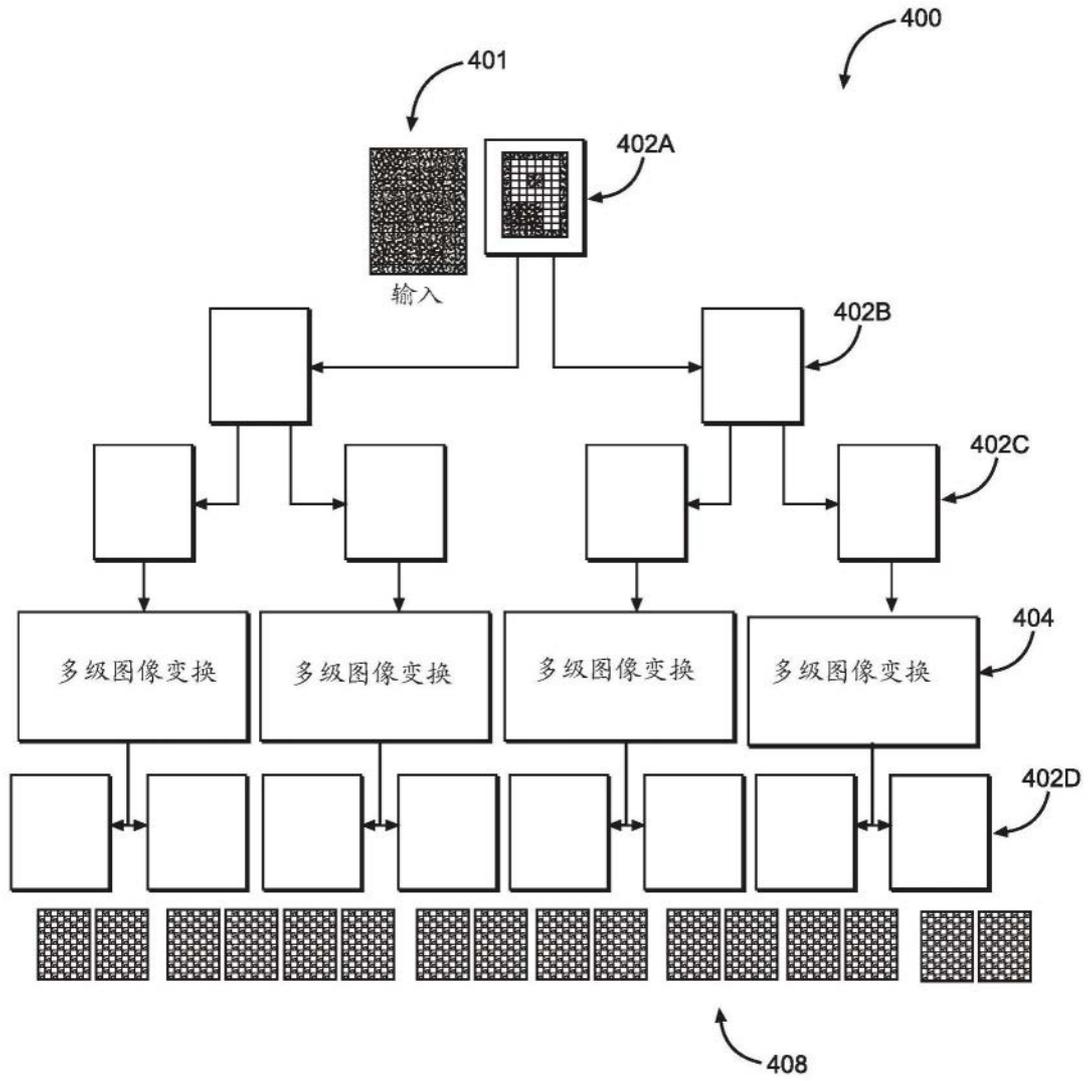


图4A

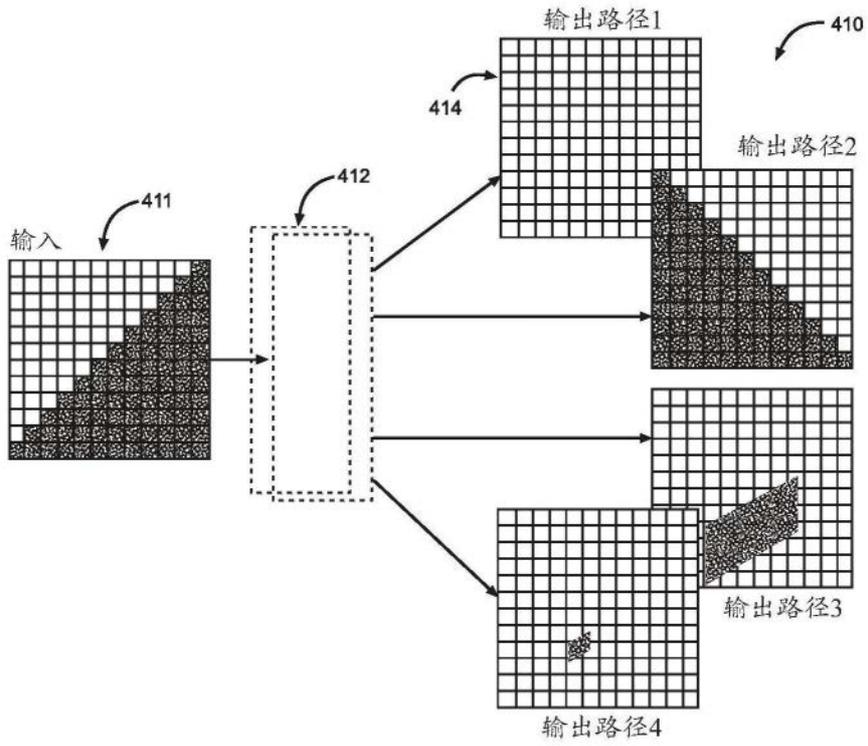


图4B

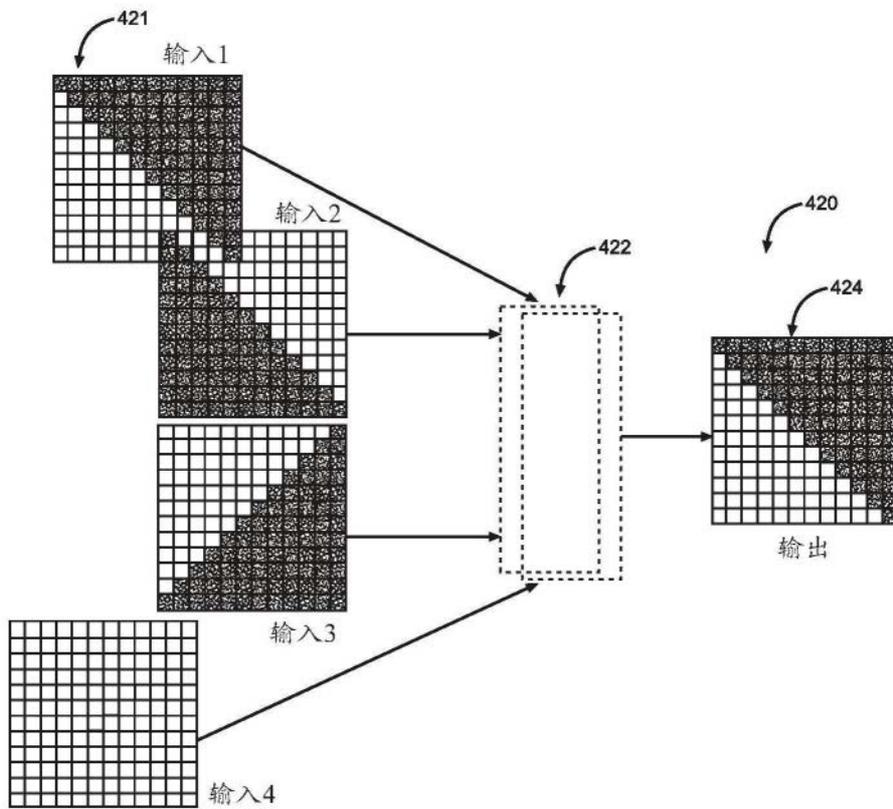


图4C

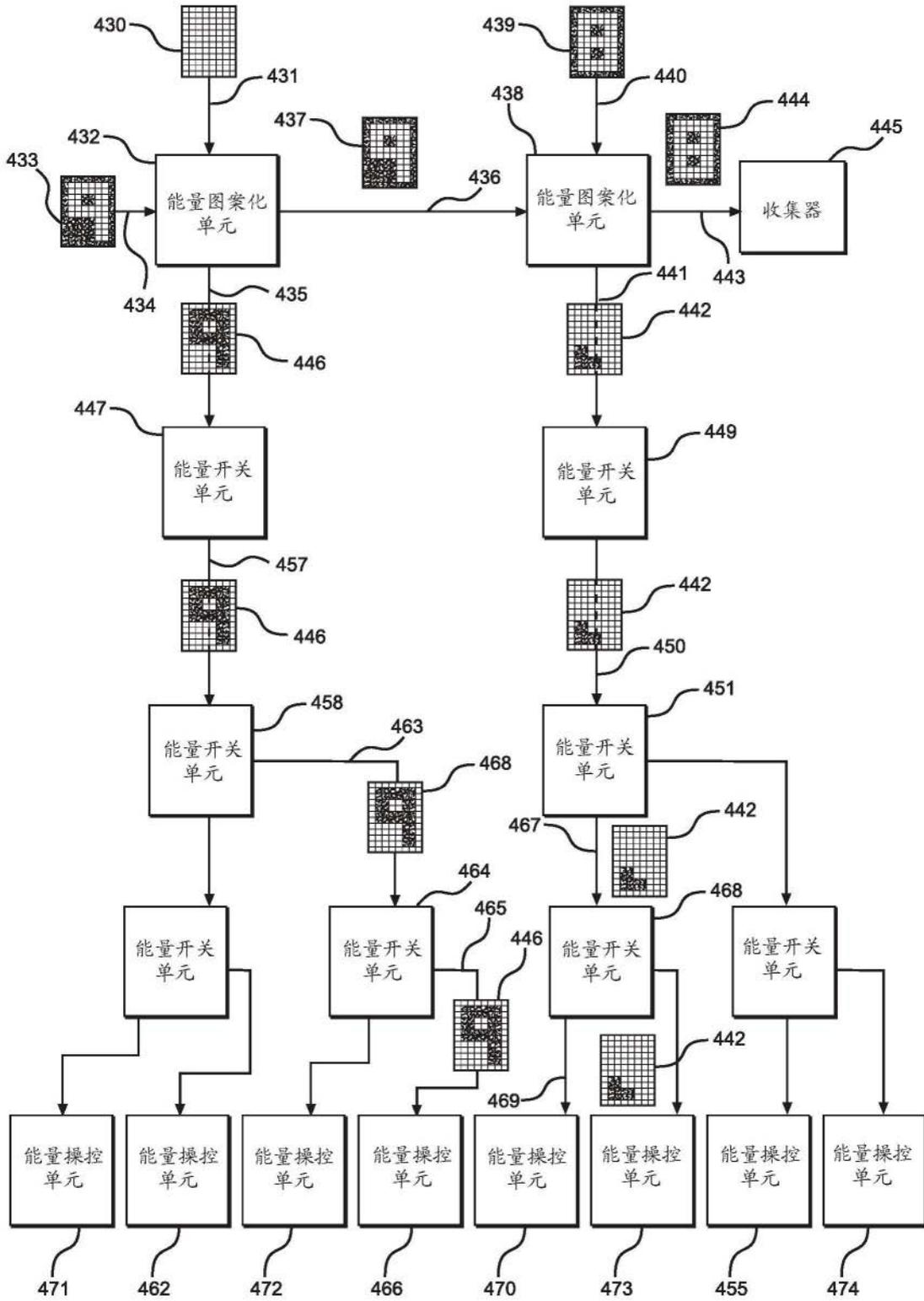


图4D

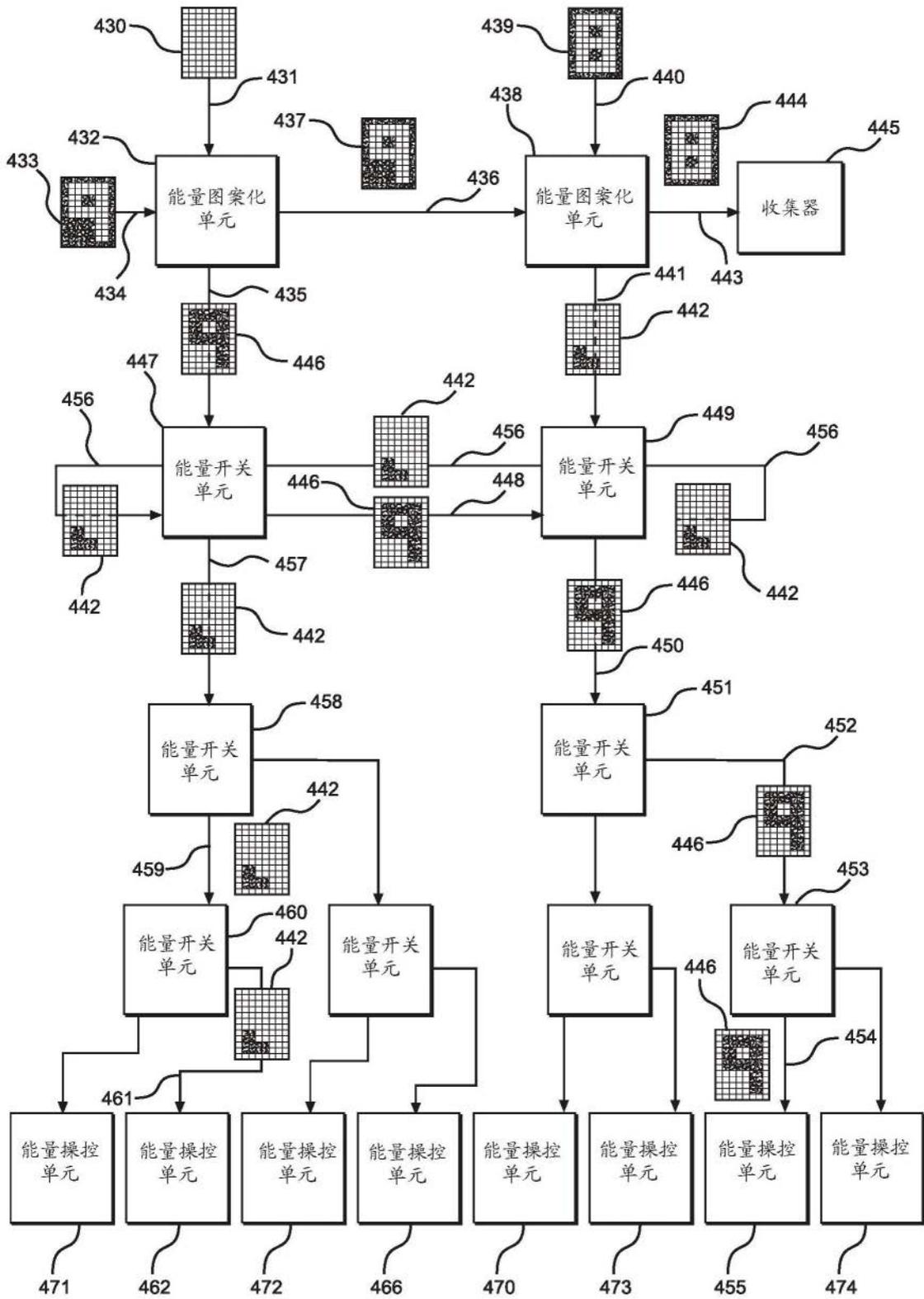


图4E

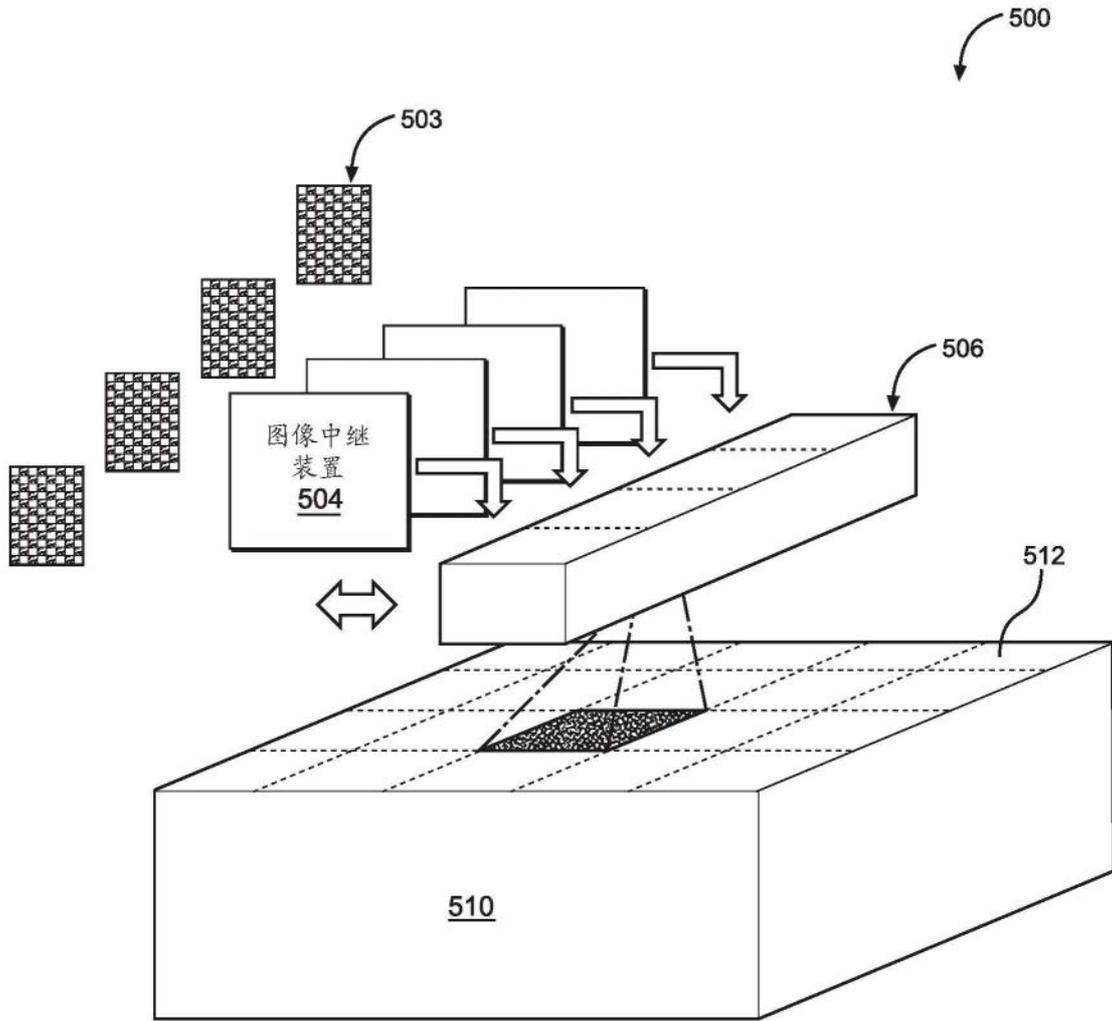


图5A

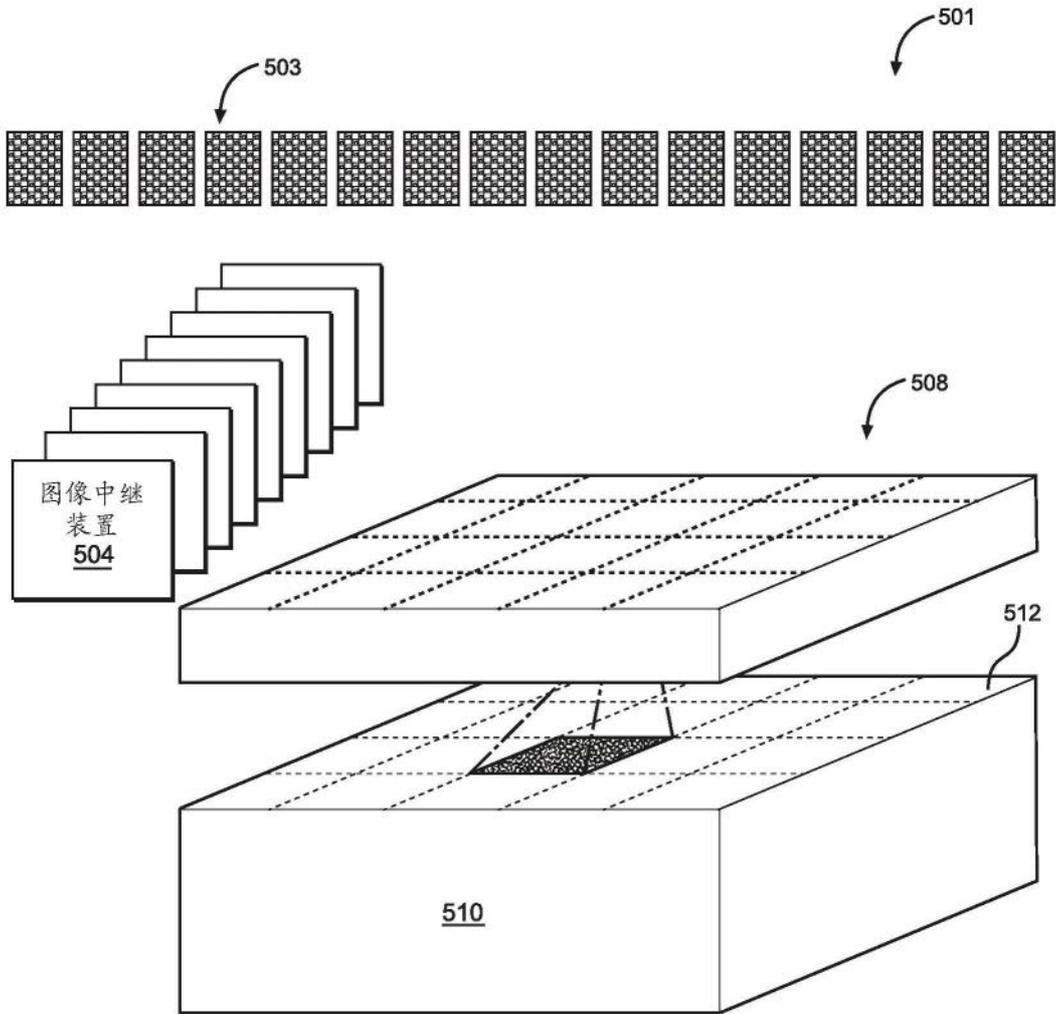


图5B

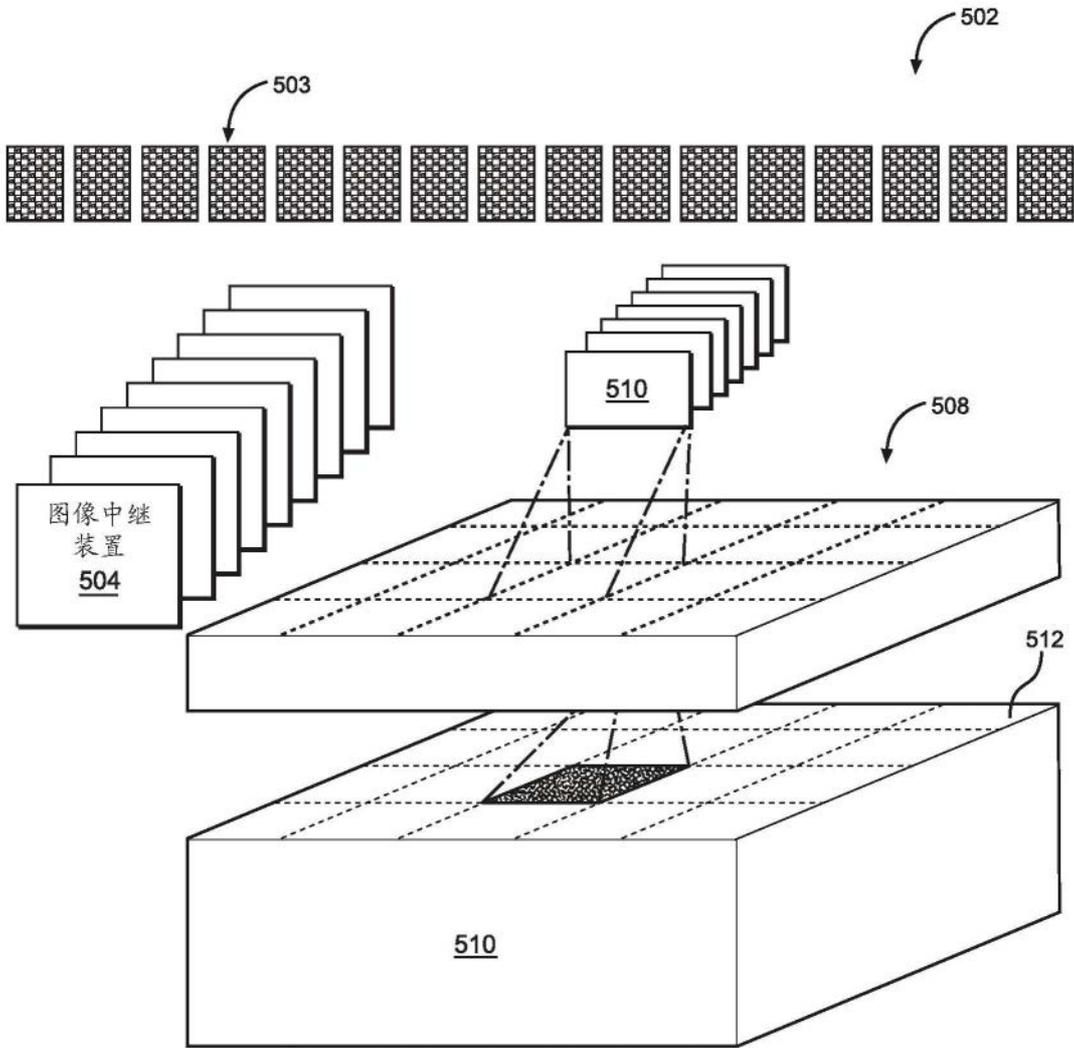


图5C

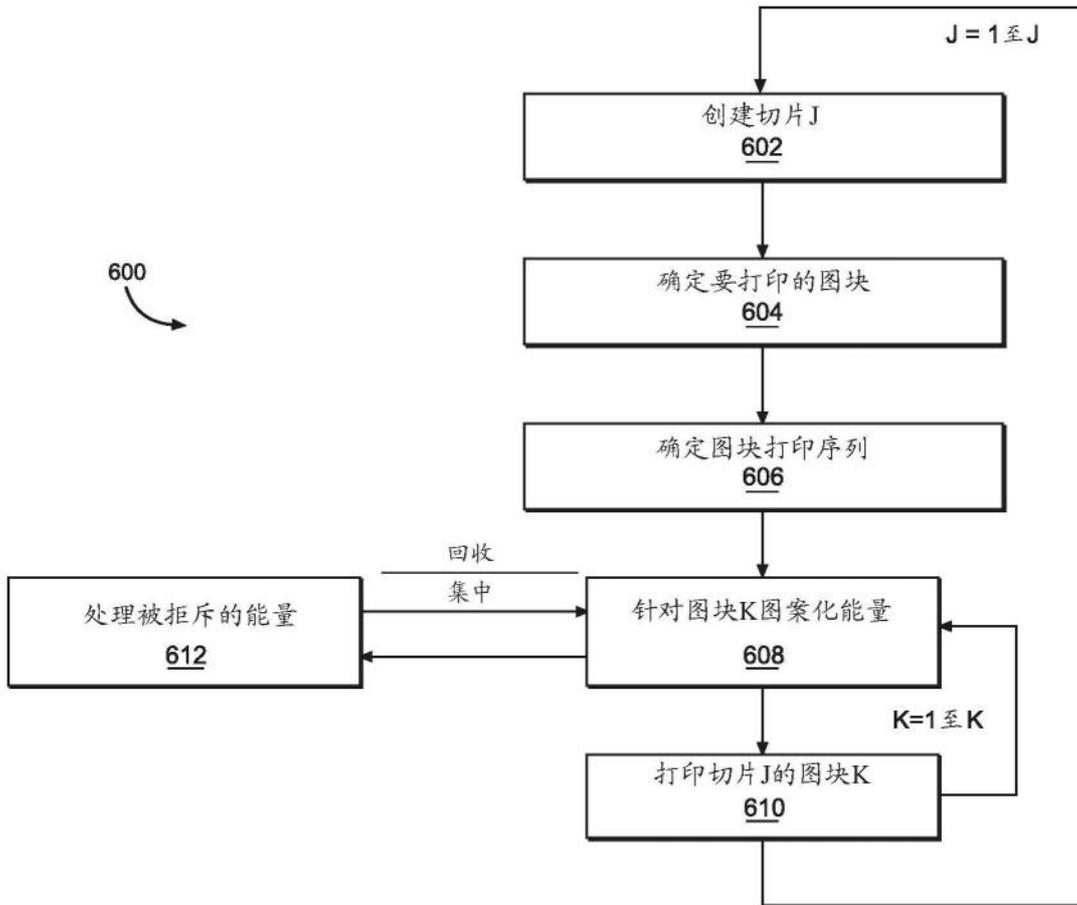


图6

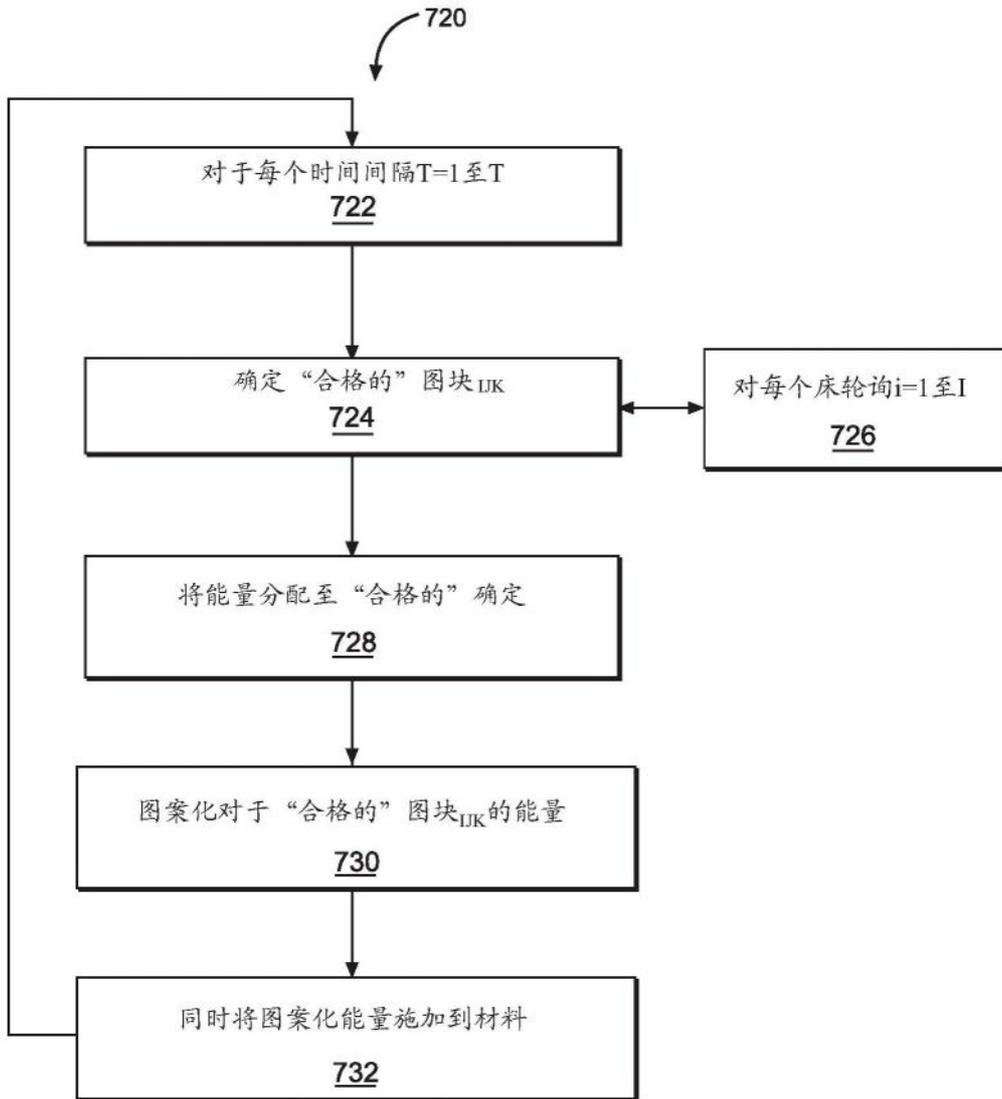


图7

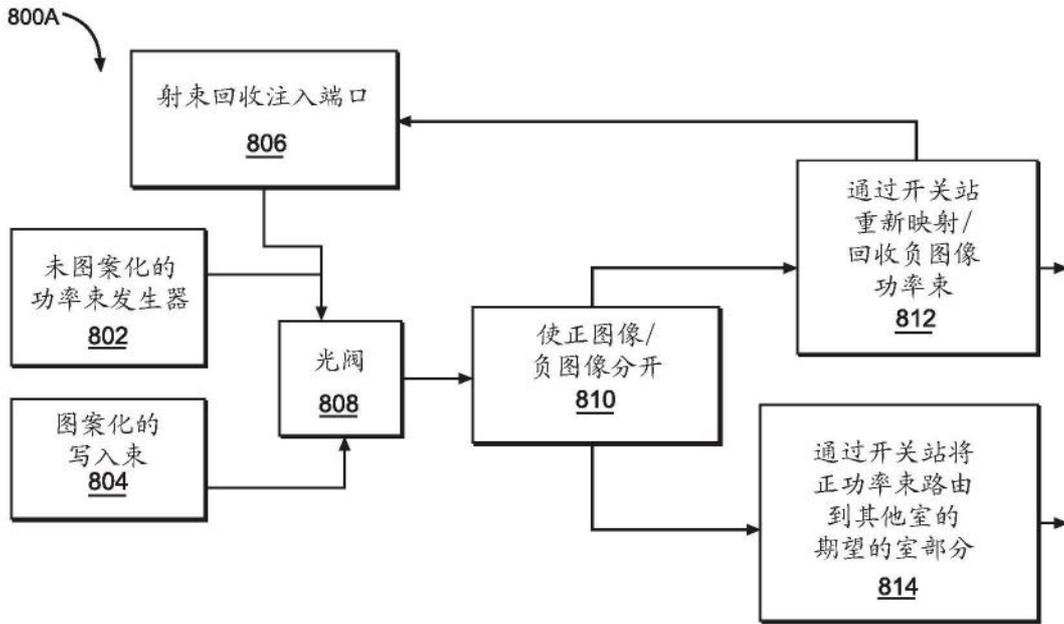


图8A

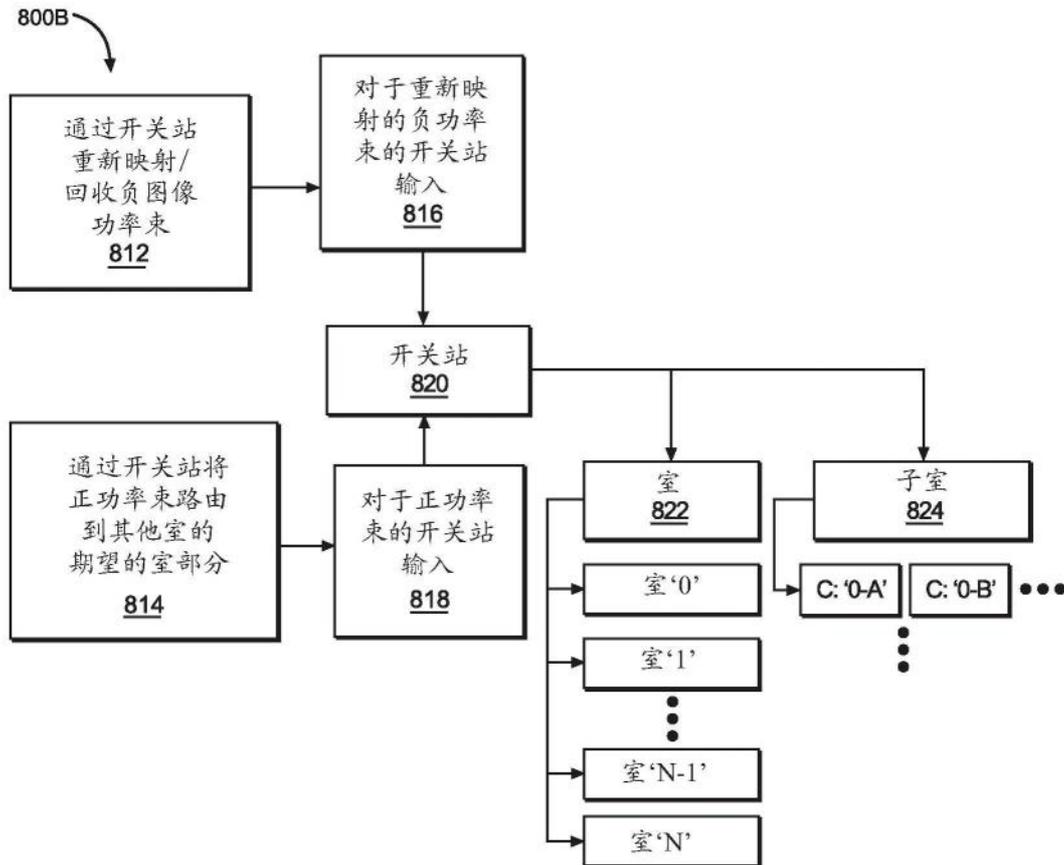


图8B