



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108437443 B

(45) 授权公告日 2021.04.27

(21) 申请号 201810107003.3

(22) 申请日 2018.02.02

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108437443 A

(43) 申请公布日 2018.08.24

(30) 优先权数据

15/434689 2017.02.16 US

(73) 专利权人 施乐公司

地址 美国康涅狄格州

(72) 发明人 D·A·曼特尔 S·A·舒怀德

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

代理人 樊英如 张静

(51) Int.Cl.

B29C 64/112 (2017.01)

B29C 64/209 (2017.01)

B29C 64/232 (2017.01)

B29C 64/336 (2017.01)

B29C 64/393 (2017.01)

B33Y 30/00 (2015.01)

B33Y 40/00 (2020.01)

B33Y 40/10 (2020.01)

B33Y 50/02 (2015.01)

审查员 杨建勇

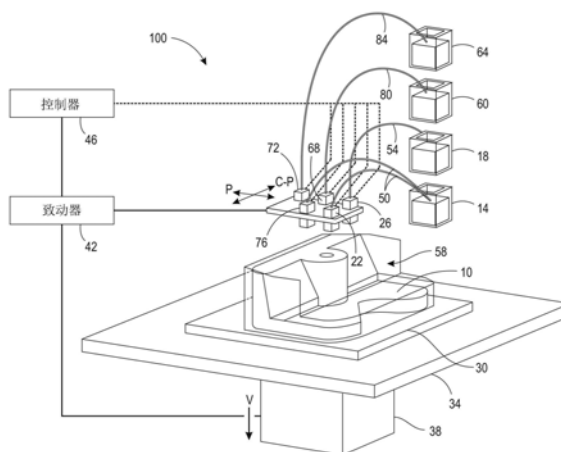
权利要求书1页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

用于改进三维物体打印的系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及三维物体打印机,其具有操作喷射具有不同颜色的不同材料的液滴的多组喷射器的控制器,以制造具有不同色饱和度水平的物体,不同颜色中的至少一种颜色是白色。控制器根据每一层中的每个三维像素的液滴平均数的总和、每一层中的除白色之外的着色剂的每个三维像素的液滴平均数的目标值以及用于由喷射器喷射的每种材料的物体的最接近表面的距离的函数操作多组喷射器。在与最接近表面的预定距离和更大距离处,控制器操作多组喷射器以仅利用透明液滴和白色液滴在物体的层中形成三维像素。在小于预定距离的距离处,透明液滴的数目增加,白色液滴的数目减少。



1. 一种用于改进三维物体打印的系统,包括:

第一组多个喷射器,所述第一组多个喷射器构造成喷射具有第一颜色的第一材料的液滴;

第二组多个喷射器,所述第二组多个喷射器构造成喷射具有第二颜色的第二材料的液滴,所述第一颜色不同于所述第二颜色;

第三组多个喷射器,所述第三组多个喷射器构造成喷射具有第三颜色的第三材料的液滴,所述第三颜色不同于所述第二颜色和所述第一颜色;

至少一个致动器,所述至少一个致动器操作地连接至所述第一组多个喷射器、所述第二组多个喷射器和所述第三组多个喷射器;以及

控制器,所述控制器操作地连接至所述至少一个致动器、所述第一组多个喷射器、所述第二组多个喷射器和所述第三组多个喷射器,所述控制器构造成:

对于待制造的物体的每一层中的每种材料确定每个三维像素的材料液滴平均数;

将用于所述物体的图像数据转换成用于每一层的每个三维像素的材料液滴数据,以确定每一层的每个三维像素的所述第一材料材料液滴的数量、所述第二材料材料液滴的数量和所述第三材料材料液滴的数量,使用(1)所述物体的每一层的每个三维像素和最接近表面之间的距离,(2)每一层的每个三维像素的第一材料液滴的平均数、每一层的每个三维像素的第二材料液滴的平均数和每一层的每个三维像素的第三材料液滴的平均数的总和,以及(3)每一层的每个三维像素的第一材料液滴的平均数、第二材料液滴的平均数和第三材料液滴的平均数的总和的目标值的函数执行对所述材料液滴数据的转换;以及使用已转换的材料液滴数据操作所述第一组多个喷射器、所述第二组多个喷射器以及所述第三组多个喷射器,以喷射由所述已转换的材料液滴数据所确定的数量的所述第一材料的液滴、所述第二材料的液滴和所述第三材料的液滴,从而形成所述物体的每一层的所述三维像素。

2. 根据权利要求1所述的系统,所述控制器还被构造成操作所述至少一个致动器以使所述第一组多个喷射器、所述第二组多个喷射器和所述第三组多个喷射器运动,从而使多组喷射器定位成用于将所述第一材料、所述第二材料和所述第三材料的所述数量的材料液滴喷射到所述物体的每一层的每个三维像素内。

3. 根据权利要求1所述的系统,还包括:

第一储器,所述第一储器包含白色的第一材料,并且所述储器能操作地连接到所述第一组多个喷射器,从而所述第一组多个喷射器喷射白色材料液滴。

4. 根据权利要求3所述的系统,还包括:

第二储器,所述第二储器包含透明的第四材料;以及

第四组多个喷射器,所述第四组多个喷射器能操作地连接到所述第二储器,从而所述第四组多个喷射器喷射透明的第四材料的液滴,其与所述第一材料、第二材料和第三材料的颜色是不同的。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述函数具有正或零的二阶导数。

用于改进三维物体打印的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明大致涉及三维 (3D) 物体打印, 具体地涉及减少打印三维物体所需的时间以及在打印的三维物体的表面处更准确地生成色彩。

背景技术

[0002] 在3D物体打印中, 一次建造物体的一层。喷射液滴的一个或多个打印头在物体上运动多次。制造物体所需的通过次数可能导致制造典型物体的极度长的时间。一些物体太大, 导致形成该物体可能需要数天。除由3D打印系统喷射的形成物体的结构的材料之外, 一些打印系统还包括覆盖所生产部分的表面上的图像的有颜色材料。在这些系统中, 物体结构一般由透明和白色的建筑材料以及有色材料形成, 比如通常用于二维打印的颜色, 即青色、品红色、黄色和黑色 (C、M、Y和K), 被用于形成图像。如在本文献中所使用的, “有色材料”或“有颜色材料”指的是具有在从红色到紫色和黑色的范围内的光谱的色度的材料。每层由仅一种类型的材料制成, 即建筑材料或有颜色材料。减少形成物体所需的时间的一种方式是在单次通过中打印多个层。为了实现该目标, 还必须增加分配给每种材料的喷射器的数量。当然, 喷射器的数量的这种增加也提高了系统的成本, 因为其为硬件支出。因此, 速度与成本之间的直接关系存在于3D物体打印系统中。

[0003] 由于在3D物体的表面上打印颜色与向表面施加颜料不同, 因此利用有颜色材料打印图像也出现问题。颜料的着色剂浓度远大于可被结合到可由打印头喷射的材料内的着色剂浓度。在打印颜色中, 白色材料可被用作用于图像的基料, 然后利用各种颜色组合形成图像。然而, 厚的颜色层不能形成高分辨率图像。另外, 许多3D物体打印系统包括在制造过程中时常用于去除一定材料以使表面变平的调平装置。由于其他层在不平表面的顶部上的增加可以破坏所制造的物体的结构, 因此需要上述调平。所去除的材料量还可以产生不可接受的颜色变化。减少制造时间并且在物体的表面处可靠地再现色彩的3D物体打印表面将是有利的。

发明内容

[0004] 新式3D物体打印系统构造成减少物体制造时间以及能够在物体的表面上更加准确地再现色彩。该系统包括: 构造成喷射具有第一颜色的第一材料的液滴的第一组多个喷射器; 构造成喷射具有第二颜色的第二材料的液滴的第二组多个喷射器, 第一颜色不同于第二颜色; 构造成喷射具有第三颜色的第三材料的液滴的第三组多个喷射器, 第三颜色不同于第二颜色和第一颜色; 操作地连接至第一组多个喷射器、第二组多个喷射器和第三组多个喷射器的至少一个致动器; 以及操作地连接至至少一个致动器、第一组多个喷射器、第二组多个喷射器和第三组多个喷射器的控制器。控制器构造成对于待制造的物体的每一层中的每种材料确定每个三维像素的材料液滴平均数, 根据每一层的每个三维像素的第二材料液滴平均数与每一层中的每个三维像素的第三材料液滴平均数的总和、全部材料的每个三维像素的材料液滴平均数的总和的目标值以及层与物体的最接近表面之间的距离的第

一函数,将用于物体的图像数据转换成用于第一材料、第二材料和第三材料中的每一种的材料液滴数据,将材料液滴数据转换成确定用于每一层中的每个三维像素的材料液滴的液滴数据,以及根据转换的材料液滴数据操作第一组多个喷射器、第二组多个喷射器和第三组多个喷射器,以喷射第一材料的液滴、第二材料的液滴和第三材料的液滴,从而形成对应于图像数据的物体的层。

[0005] 操作新式3D打印系统的方法减少了物体制造时间以及能够在物体的表面上更加准确地再现色彩。该方法包括利用控制器对于待制造的物体的每一层中的每种材料确定每个三维像素的材料液滴平均数,根据每一层的每个三维像素的确定的第二材料液滴平均数与每一层中的每个三维像素的确定的第三材料液滴平均数的总和、全部材料的每个三维像素的确定的材料液滴平均数的总和的目标值以及层与物体的最接近表面之间的距离的第一函数,利用控制器将用于物体的图像数据转换成用于第一材料、第二材料和第三材料中的每一种的材料液滴数据,利用控制器将材料液滴数据转换成确定用于每一层中的每个三维像素的材料液滴的液滴数据,以及根据转换的材料液滴数据利用控制器操作第一组多个喷射器、第二组多个喷射器和第三组多个喷射器,以喷射第一材料的液滴、第二材料的液滴和第三材料的液滴,从而形成对应于图像数据的物体的层,每组多个喷射器喷射的材料液滴具有不同于由其他组多个喷射器喷射的材料液滴的颜色的颜色。

附图说明

[0006] 在结合附图的以下说明书中说明本公开的上述方面和其他特征。

[0007] 图1是构造成通过前述已知系统在单次通过中增加层形成的3D打印系统的图示。

[0008] 图2是由图1的系统喷射的液滴的图示。

[0009] 图3描绘了由现有技术3D打印机形成的物体的表面处的颜色的形成。

[0010] 图4示出了由图1的3D打印机形成的物体的表面处的颜色的形成。

[0011] 图5A和图5B示出了由图1的3D打印机形成的物体的分别为暗黑表面和灰色表面的形成。

[0012] 图6A和6B是分别用于产生更少饱和色和更多饱和色的色彩重现策略的一部分的图形表示。

[0013] 图7是可以由图1的3D打印机执行的色彩重现策略的图形表示。

[0014] 图8是可以由图1的3D打印机执行的另一个色彩重现策略的图形表示。

[0015] 图9是可以由图1的3D打印机执行的再一个色彩重现策略的图形表示。

具体实施方式

[0016] 为了对本实施例进行大致了解,对附图做出参照。在附图中,相同的附图标记在全文中被用于指代相同的元件。

[0017] 图1示出制造三维物体或零件10的打印系统100的部件的结构。如本文献中所使用的,术语“三维打印机”指的是根据物体的图像数据喷射材料液滴以形成三维物体的任何装置。打印系统100包括支承材料储器14、有颜色建造材料储器18、透明建造材料储器60、白色建造材料储器64、多个喷射器22、26、68、72和76、建造基板30、平面支承构件34、柱形支承构件38、致动器42和控制器46。管道50将喷射器22和76连接至支承材料储器14,管道54将喷射

器26连接至有颜色建筑材料储器18。管道80和84使喷射器68和72分别连接至透明建筑材料储器60和白色建筑材料储器64。根据操作地连接至控制器的记忆装置中的三维图像数据通过控制器46操作喷射器,以喷射供给至各个相应的喷射器的支承和建筑材料的液滴。存储在三维图像数据的单个位置中的每个数据(datum)在本文献中被定义为“三维像素”。建筑材料形成所制造的零件10的结构,而由支承材料液滴形成的支承结构58使得建筑材料液滴能够保持其形状,同时在构造零件时材料液滴凝固。在零件完成之后,通过洗涤、吹气或熔融去除支承结构58。

[0018] 控制器46还操作地连接至至少一个以及可能更多的致动器42,以控制平面支承构件34、柱形支承构件38以及喷射器22、26、68、72、76相对于彼此的运动。即,一个或多个致动器可以操作地连接至支承喷射器的结构,以根据平面支承构件的表面使喷射器沿过程方向P和横向过程C-P方向运动。可替代地,一个或多个致动器可以操作地连接至平面支承构件34,以使在其上沿过程方向和横向过程方向产生零件的表面在平面支承构件34的平面中运动。如本文中所使用的,术语“过程方向”指的是沿着平面支承构件34的表面中的一个轴线的运动,“横向过程方向”指的是沿着在平面支承构件表面中垂直于该表面中的过程方向轴线的轴线的运动。这些方向在图1中利用字母“P”和“C-P”表示。喷射器22、26、68、72、76和柱形支承构件38还沿垂直于平面支承构件34的方向运动。该方向在本文献中被称作垂直方向,平行于柱形支承构件38,并且在图1中利用字母“V”表示。利用操作地连接至柱形构件38的一个或多个致动器、通过操作地连接至喷射器的一个或多个致动器或通过操作地连接至柱形支承构件38和喷射器两者的一个或多个致动器实现沿竖直方向的运动。这些各种结构中的这些致动器操作地连接至控制器46,控制器46将致动器操作为使柱形构件38、喷射器或这些部件中的全部沿竖直方向运动。

[0019] 在前述已知3D打印系统中,有颜色材料层靠近表面打印并且有时利用透明材料层覆盖,而下层由白色材料构成以提供用于有色和透明材料的背景。在图3中提供该结构的例子。如图所示,利用单独的白色材料液滴形成内部层304。下一层308利用单独的有颜色材料形成,并且然后如果需要的话可以利用一个或多个透明材料层312覆盖,以保护有颜色材料。利用图1中所示的打印机,有颜色材料液滴以增大的比例被引入下一层408中以提供如图4所示的更分层次的颜色方案。对于最接近零件的表面的层412而言,尽管透明材料液滴以及甚至一些白色材料液滴包括在层中,有颜色材料液滴主导所述层。增大有颜色、透明和白色材料的变化比例的方法使得能够通过增大颜色管理平面的尺寸来维持有颜色色彩的色域。即,靠近表面的颜色管理体积的深度与层308和412相比通过层408和412的增加的深度所图示地更大。当有颜色色彩是黑色时,分层次的暗黑或灰色表面可以分别如图5A和图5B所示地形成。在图6A中示出用于获得图5B中所描绘的分层次的暗黑或灰色表面的策略的一部分的示例。在与表面预定距离处,喷射非黑色材料,三维像素中的80%的材料是白色,三维像素中的20%的材料是透明的。在形成更靠近表面的层时,白色材料下降为三维像素中的小百分比的材料,黑色材料上升至三维像素中的80%的材料,三维像素中的透明材料下降至零。当与表面的距离减小时,黑色材料在三维像素中的百分比减小至零,同时白色材料提高至100%。在图6B中示出用于获得更多饱和色的策略的部分。在与表面预定距离处,三维像素中的80%的材料是黑色的,三维像素中的20%的材料是透明的,而不喷射白色材料。当层接近表面时,在喷射到三维像素内的透明材料减小直到其变为零时,白色材料喷

射到三维像素内。在该距离处,黑色材料减少至三维像素中的材料的70%,同时三维像素中的白色材料提高至30%。对于随后的层这些百分比继续如此,直到达到与表面的另一个预定距离,在该另一个预定距离处,三维像素中的黑色材料的百分比线性地减小至零,同时白色材料的百分比线性地增大至100%。

[0020] 由作为关于表面的深度的函数的组合有颜色材料与透明材料和白色材料的策略或颜色模型形成的色彩改善颜色在表面处的渲染。该策略以与一张纸为打印的颜色提供白底相当相同的方式为表面颜色提供白色背景。白色和透明材料特别地关于层的深度提供方案,以提供全面的3D颜色策略或颜色模型,3D颜色策略或颜色模型可被构造为数据表并且由控制器用于渲染通过3D打印系统制造的物体中的颜色。如本文献中所使用的,“颜色模型”指的是多个函数,对于由打印机喷射的每种材料具有一个函数,多个函数关于利用所述材料制造的物体的表面作为深度的函数分配被喷射的材料。

[0021] 该策略的一部分的一个示例是其中透明材料主要用于不用颜色填充靠近表面的三维像素并且白色材料的线性增加量被添加至进一步离开表面的层。该策略在图7中图解地描绘。在物体的内部中,仅白色材料用于形成曲线图的区域604中的层。在与区域608中的表面一定的预定距离处,形成具有50%的有颜色材料和50%白色材料的层。在过渡区域612中,有颜色材料继续形成50%的层,同时白色材料从50%线性地减小至0%,透明材料从0%线性地增加至50%。靠近区域616中的表面,各层由50%的有颜色材料和50%的透明材料形成。在该方案下,由100%的比如为青色材料的有颜色材料形成的颜色或由比如为50%的青色和50%的品红色的有颜色材料的组合形成的颜色不需要用于适当渲染的额外的透明或白色材料。

[0022] 在图8中所示的另一个例子中,作为距离表面的深度的函数的颜色渲染策略的一部分包括向全部颜色内添加白色材料,甚至是初始地在表面处等于100%的颜色。如附图中所描绘的,物体的内部在曲线图的区域704中仅由白色材料形成。在与区域708中的表面一定的预定距离处,利用直到有颜色材料的百分比达到50%的线性增加量的有颜色材料以及直到白色材料的百分比达到50%的线性减少量的白色材料形成各层。在过渡区域712中,有颜色材料继续形成50%的层,同时白色材料从50%线性地减小至0%,透明材料从0%线性地增加至50%。靠近区域716中的表面,各层由50%的有颜色材料和50%的透明材料形成。该方案中的规则是在一定的预定深度处层开始由有颜色材料形成。白色首先被替换,然后颜色保持不变,同时白色材料在每个层中减小,透明材料在每个层中增加。图8示出50%覆盖率的有颜色材料的策略,而图9示出100%覆盖率的有颜色材料的策略。图9中的曲线图具有仅三个区域,即,仅白色材料区域804、过渡区域808和仅有颜色区域812。在该过渡区域808中,层的白色材料百分比线性地减小至0%,同时层的有颜色材料从0%线性地增加至100%。在策略的该部分中,仅使用白色和有颜色材料。

[0023] 如上所述用于利用颜色、白色和透明材料液滴的策略包括对于每种材料的使用的作为距离物体的表面的深度的函数以获得所需颜色等级的函数。一般地,比有颜色材料液滴更多的白色材料液滴被用于位于距离表面更大深度处的层中,直到达到了白色而不采用有颜色材料液滴的深度为止。另外,当所使用的有颜色材料液滴的量低于填充物体所需的材料的体积时,在更靠近表面定位的层中优先使用透明液滴替代白色液滴。在这策略中,制造商想要物体的观察者感知的颜色饱和度水平影响策略。限定这些过渡的函数可以表示

为除图6-9中所示的线性函数之外的多项式函数或指数函数。如果需要更高的颜色饱和度水平,则需要在靠近表面的层中具有更多颜色材料液滴。类似地,如果需要更低的颜色饱和度水平,则更多透明材料液滴以及可能白色材料液滴用于更靠近表面的层中。因此,函数由颜色、颜色的所需饱和度水平以及每层距离表面的深度确定。所提议的函数用于形成物体,估算物体的颜色以确定所产生的颜色达到颜色的所需饱和度水平。一旦函数限定为达到该目标,则执行随后的颜色校准以确定3D零件的表面处的所需颜色与作为与物体的表面的距离的函数的用于物体层中的颜色的部分之间的映射,并且在打印物体之前识别半色调以确定每个三维像素内的液滴的颜色。

[0024] 以上提供的策略可以以更一般的方式表示为三维像素与物体的最接近表面之间的距离的函数。每个层中的每个三维像素中的材料液滴表示为三维像素与最接近表面之间的距离、物体的每个层中的每个三维像素处材料液滴平均数的总和以及每个层的每个三维像素中的液滴平均数的总和的目标值的函数。为了获得三维像素处材料液滴平均数的总和S,将用于着色剂材料的连续色调(contone)值加在一起。另外,目标值V是与在每个三维像素处必须起作用的喷射器的数目成比例的固定值。总和S经由比如为半色调技术、误差扩散或数字二分法检索算法的渲染算法转换成用于三维像素的实际液滴数。从最初颜色空间的转换以及包括白色和透明颜色的映射可被组合成单个步骤。

[0025] 对于总和S的100%或更小的目标值,现在提供可以如何确定白色和透明着色剂的例子。白色可以表示为总和 S_0 与到最接近表面的距离D的函数:

[0026] $W = F(S_0, D)$,

[0027] 其中,函数F是具有可以是指数或多项式的零或正二阶导数函数的单调递增函数。 S_0 是用于在与最接近表面距离D处的三维像素的材料液滴初始平均数。在着色剂不促成在表面处感知的颜色的预定距离处,仅使用白色和透明。如在本文献中所使用的,术语着色剂指的是具有红色到紫色和黑色颜色的范围内的颜色色度的材料。不使用有颜色色彩的与表面的最小距离表示为 D_f ,在与最接近表面该距离或更大距离处的白色和透明的总和S等于或非常接近V。在与表面的小于 D_f 的距离处使用着色剂材料。在大于计算的距离 D_0 的距离处,使用白色材料液滴。值 D_0 可以根据在表面处非白色或非透明颜色的外观的饱和度变化。因此, D_0^{\max} 是 D_0 可被设定成的并且其对于饱和色所出现的最大值。用于饱和色,例如:

[0028] $D_0 = D_0^{\max}$ 对于 $S_0 > V/2$

[0029] $D_0 = 2 * (S_0 / V) * D_0^{\max}$ 对于 $S_0 \leq V/2$

[0030] 则对于W:

[0031] $W = 0$ 对于 $D \leq D_0$, 其中, D是三维像素的与最接近表面的距离, 以及

[0032] $W = V * (D - D_0)^2 / (D_f - D_0)^2$ 对于 $D_0 < D < D_f$

[0033] $W = V$ 对于 $D \geq D_f$

[0034] 当 $W + S_0 > V$ 时,则比如为CMYK的有颜色材料的总和减小 $V - W$,其中每个颜色减小相同比例。在与最接近表面一定距离处,S减小为零。在 $W + S$ 小于V的情况下,透明CL被用于弥补差异并且可以表示为:

[0035] $CL = V - W - S$

[0036] 虽然上述关系通过三维像素的与最接近表面的不同距离控制透明CL的数量,但是透明可以相对于与最接近表面的在0至 D_0 范围内的距离具有其自身的函数。对于透明的函

数应该在 D_0 处具有负二阶导数。当三维像素与表面之间的距离减小时,由于有颜色油墨(IB)更加有助于表面外观,因此其数量增加。透明函数的一个例子是:

[0037] 透明量(CL) = $(V - S_0 - IB) + IB * \{ (1 - e^{-\alpha D}) / (\alpha - D e^{-\alpha D_0}) \} / N$, 对于 $D < D_0$,

[0038] 其中N是实现函数0至1的范围的正规化子(即 $N = \{ (1 - e^{-\alpha D_0}) / (\alpha - D_0 e^{-\alpha D_0}) \}$)。在白色和透明被用于三维像素的情况下,即在到最接近表面的距离在范围 $D_0 \leq D \leq D_f$ 内的情况下,参照函数 $CL = V - W - S$ 确定透明的值,但是一旦到最接近表面的距离小于 D_0 ,则采用标准化函数。

[0039] 有颜色区域覆盖率的总量可以改变。在与不使用任何白色材料并且 $CL + S_0 < V$ 的情况下使用透明材料的表面的距离处,比如为CMYK的有颜色色彩的总和增加 $(V - C)$,每种颜色以相同的比例从材料液滴初始平均数 S_0 增加。即:

[0040] $S = S_0 + IB * (1 - \{ (1 - e^{-\alpha D}) / (\alpha - D e^{-\alpha D_0}) \} / N)$

[0041] 在不使用透明材料的系统中,总和 S_0 加上白色需要等于 V 。该要求简化了计算。例如:

[0042] $W = V - S_0$, 对于 $D \leq D_0$

[0043] $W = V - S_0 * (1 - (D - D_0)^2 / (D_f - D_0)^2)$ 对于 $D_0 < D < D_f$

[0044] $W = V$ 对于 $D \geq D_f$

[0045] 对于大于100%的目标值 V ,则白色(W)不能单独等于 V ,因此需要透明(CL)。该要求将以上等式改变为包括最大白色量 W_{\max} 和最大透明量 CL_{\max} ,其中的每一个均小于或等于100%,使得:

[0046] $W_{\max} + CL_{\max} \geq V$

[0047] 与开始引入白色的最接近表面的距离(D_0)是 S_0 的函数,使得当 $S = 0$ 时 D_0 趋向零。例如:

[0048] $D_0 = D_0^{\max}$ 对于 $S_0 > V/4$

[0049] $D_0 = 2 * (S_0 / V) * D_0^{\max}$, 对于 $S_0 \leq V/4$

[0050] 则,对于W:

[0051] $W = 0$ 对于 $D \leq D_0$

[0052] $W = W_{\max} * (D - D_0)^2 / (D_f - D_0)^2$, 对于 $D_0 < D < D_f$

[0053] $W = W_{\max}$ 对于 $D \geq D_f$

[0054] 当 $W + S_0 > V$ 时,则比如为CMYK的有颜色材料的总和变为减小 $V - W$ 的总和 S ,每种颜色减小相同比例并且在一定深度处, S 减小为零。在 $W + S$ 小于 V 的情况下,透明CL被用于以 $CL = V - W - S$ 的量弥补差异。

[0055] 可以影响物体的三维像素中的材料液滴类型的另一个特性是制造物体的时间。为了减小用于打印3D物体的时间,三维像素可以形成有每个三维像素超过一个液滴。在物体中,全部三维像素需要大致平均相同量的材料。实现该特性的一种方法是使用于打印每种颜色的喷射器的数目加倍。然而,该方案是昂贵的。为了免除该支出,喷射颜色、白色和透明材料的液滴的不同的喷射器被用于为每个三维像素喷射两种液滴,每种液滴为不同颜色。例如,为了做出白色三维像素,白色材料液滴和透明材料液滴被喷射到三维像素内。对于比如为CMYK彩色打印的四色打印而言,颜色液滴和透明液滴喷射到三维像素内以更加快速地完成颜色液滴的三维像素。具有第二颜色的三维像素可以利用两种液滴打印,每种液滴在

例如CMYK打印机中具有不同颜色。

[0056] 现在参照图1和图2的打印机论述这种更加快速地形成3D物体的方法。例如,图1的控制器46可以操作打印机100以在单次通过中在每个三维像素中喷射两个材料液滴204,而非在两次通过期间向三维像素内喷射两个液滴。具体地,当控制器46操作一个或多个致动器42以使喷射器沿过程方向P运动时,控制器操作一个喷射器以在由另一个喷射器喷射的支承材料液滴204的顶部上喷射材料液滴204。如图2所示,最低液滴204来自于喷射器22,下一个最高液滴来自于喷射器76。当喷射器的路径倒转时,下一个最高液滴由喷射器76喷射,喷射器22在由喷射器76喷射的液滴的顶部上喷射液滴204。在前述已知的3D打印机中,当喷射器沿一个方向运动时,比如为喷射器22的单个喷射器喷射连续的液滴线,并且然后当喷射器沿相反方向运动时,喷射器在第一液滴线上喷射连续的液滴线。这种类型的操作需要两次通过来形成两条线,而包括第二喷射器76使得能够在单次通过中形成两条线。

[0057] 以类似的方式,控制器46还操作喷射器68和72以形成由这些喷射器喷射的连续的透明和白色材料线。具体地,当喷射器沿过程方向P运动,控制器46将喷射器68操作为喷射透明材料液滴,并且当喷射器72在透明液滴上穿过时,控制器将喷射器72操作为在透明液滴上喷射白色液滴。当过程方向倒转时,喷射器72操作为在之前喷射的白色液滴的顶部上喷射白色液滴,当喷射器68穿过白色液滴线时,控制器将喷射器68操作为在白色液滴线上喷射透明液滴。因此,喷射器68和72在单次通过中沿一个方向在透明层上形成白色层,并且在单次通过中沿相反方向在白色层上形成透明层。由于颜色通常不是内部区域中的部件的重要特性,因此白色/透明层在零件10的内部是特别有利的。另外,该组合为利用有颜色建造材料形成作为靠近零件10的表面的部件层的着色区域形成适当的背景。

[0058] 此外,如图2所示,两层有颜色材料液滴216利用一层之上的一层白色材料液滴212和另一个层之上的一层透明材料液滴形成。通过将一层透明液滴或一层白色液滴替代为一层有颜色材料液滴216,如以下更加完全地说明的,色彩可被逐渐引入零件10内。另外,有颜色液滴线可以部分地由有颜色液滴并且部分地由白色材料液滴、透明材料液滴或两者形成。类似地,透明或白色液滴线可以部分地由透明液滴并且部分地由白色液滴形成。其他材料液滴的这种部分引入帮助使颜色向零件10的引入更加灵活。

[0059] 上述方法使得控制器能够构造成操作喷射具有不同颜色的不同材料的喷射器以在具有大于可由任何喷射器滴下的最大液滴的体积的平均材料体积的层中形成三维像素。这些三维像素可以由相同的材料、不同的材料或具有不同颜色的材料的液滴形成。由于每次通过可以将两个液滴喷射到三维像素内,而非要求在单次通过中每个三维像素的单个液滴,该操作喷射器的方法使得能够在单次通过中形成更厚的层。

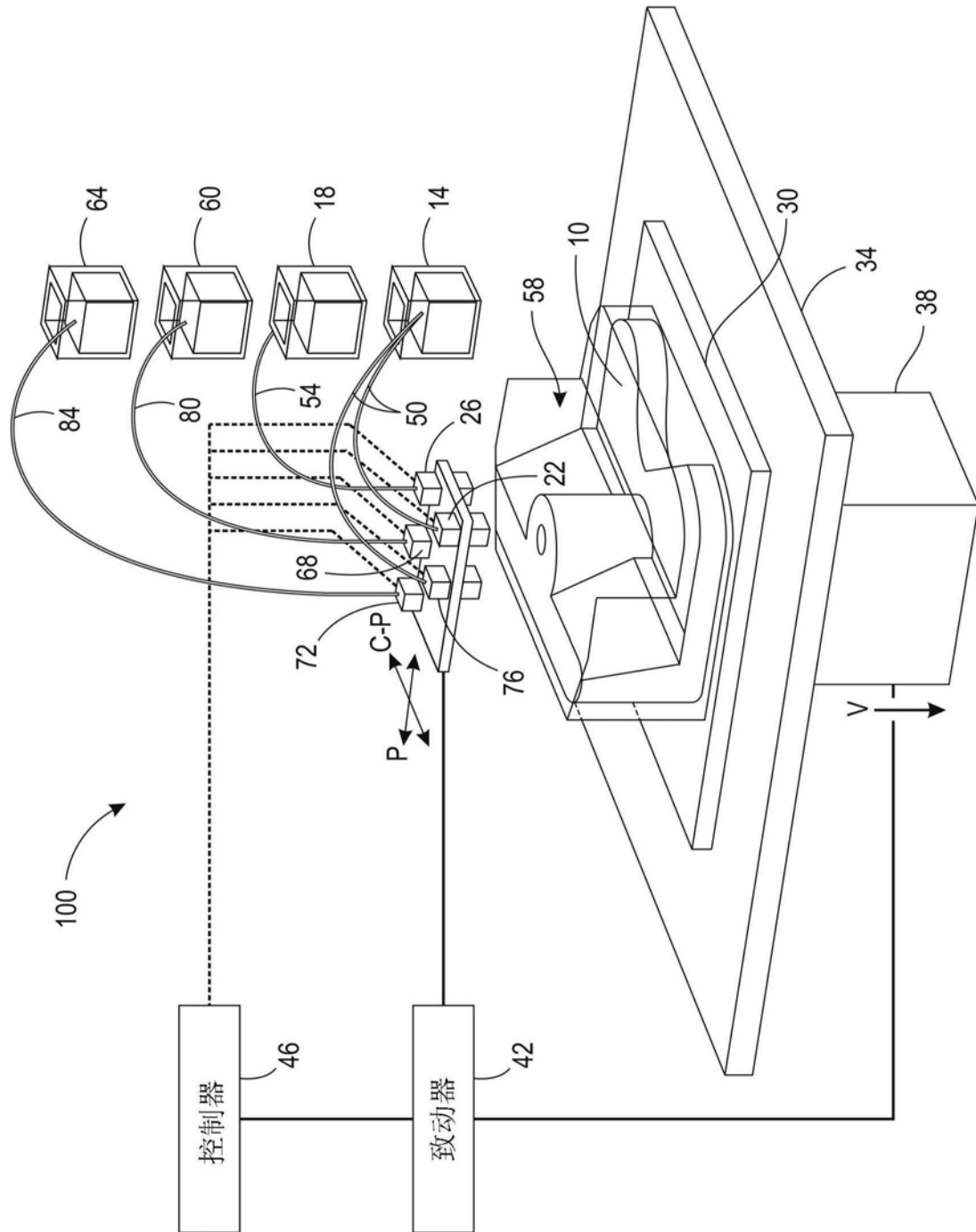


图1

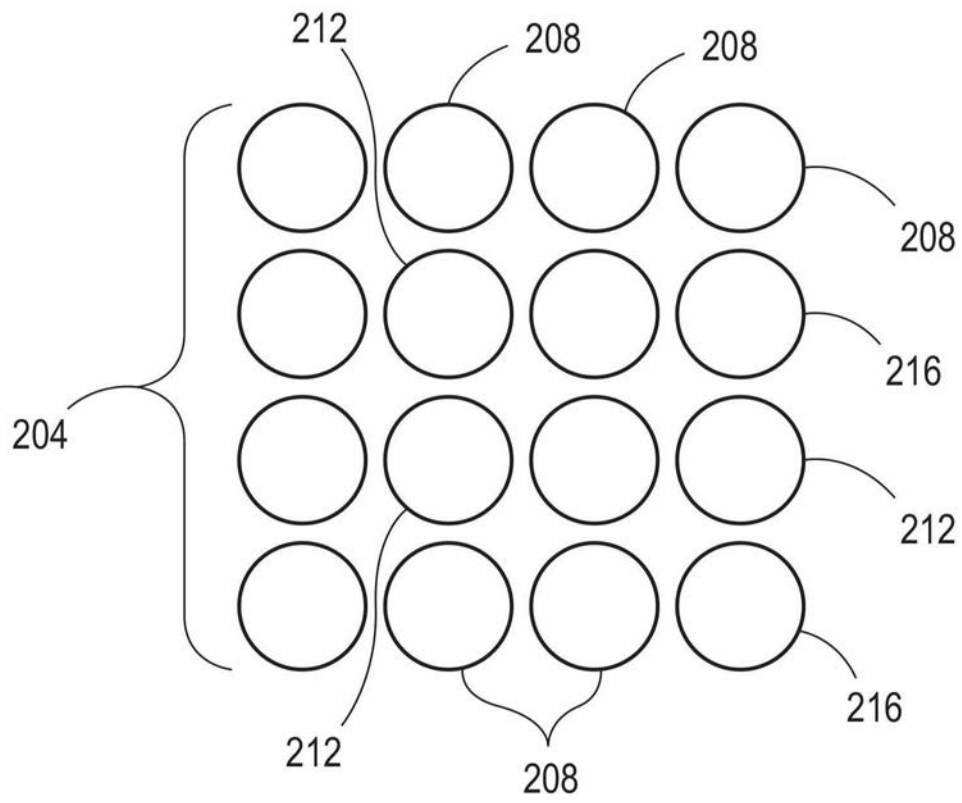


图2

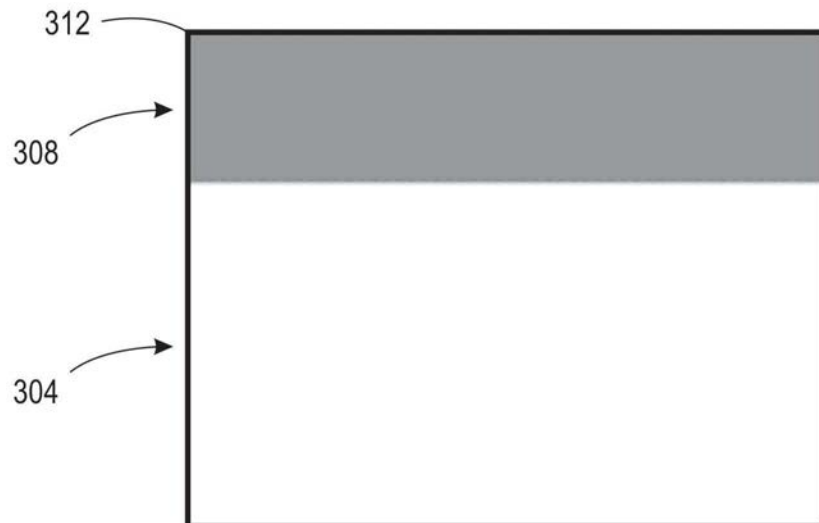


图3现有技术

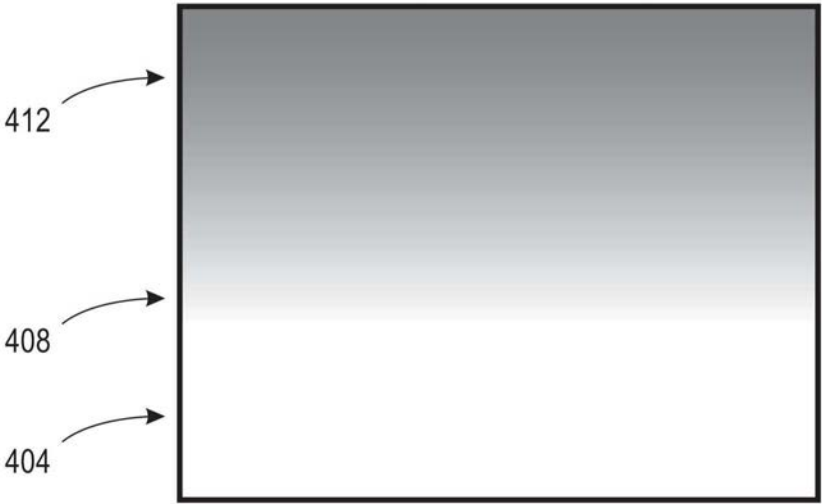


图4



图5A

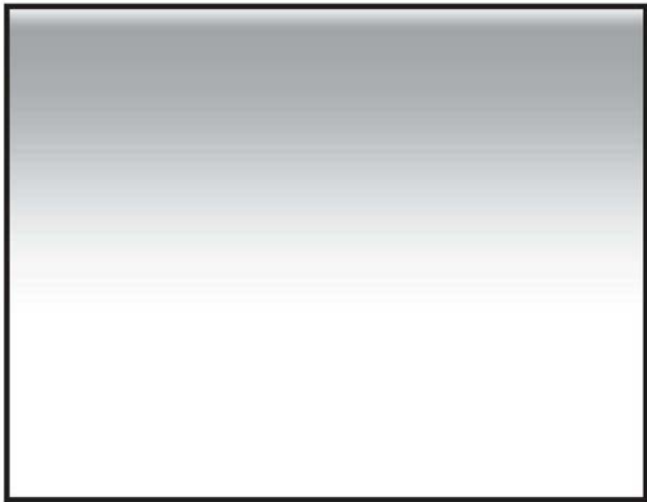


图5B

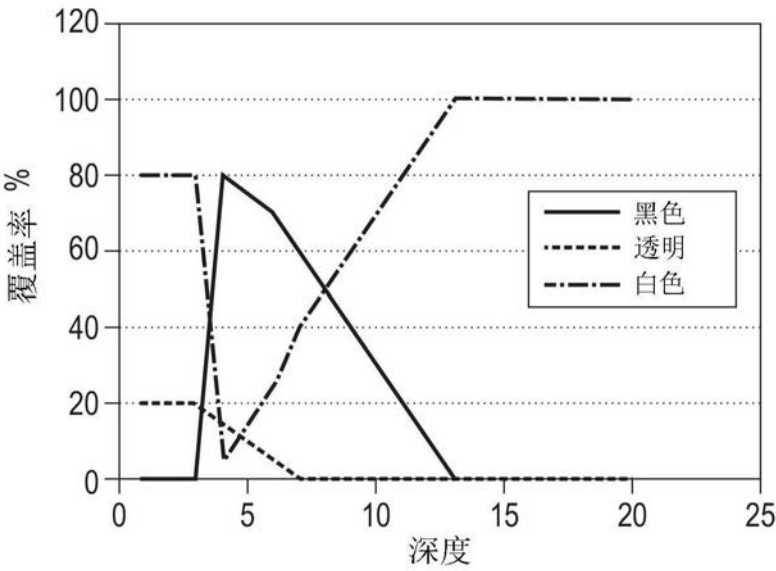


图6A

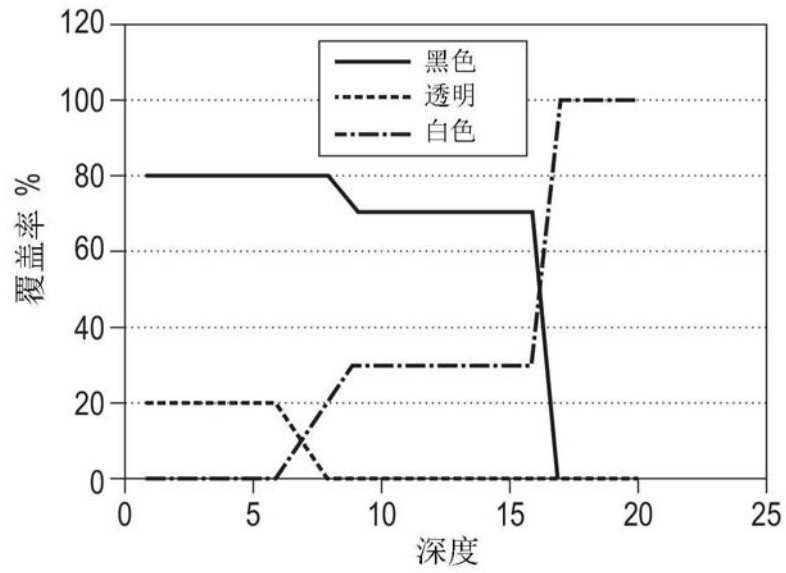


图6B

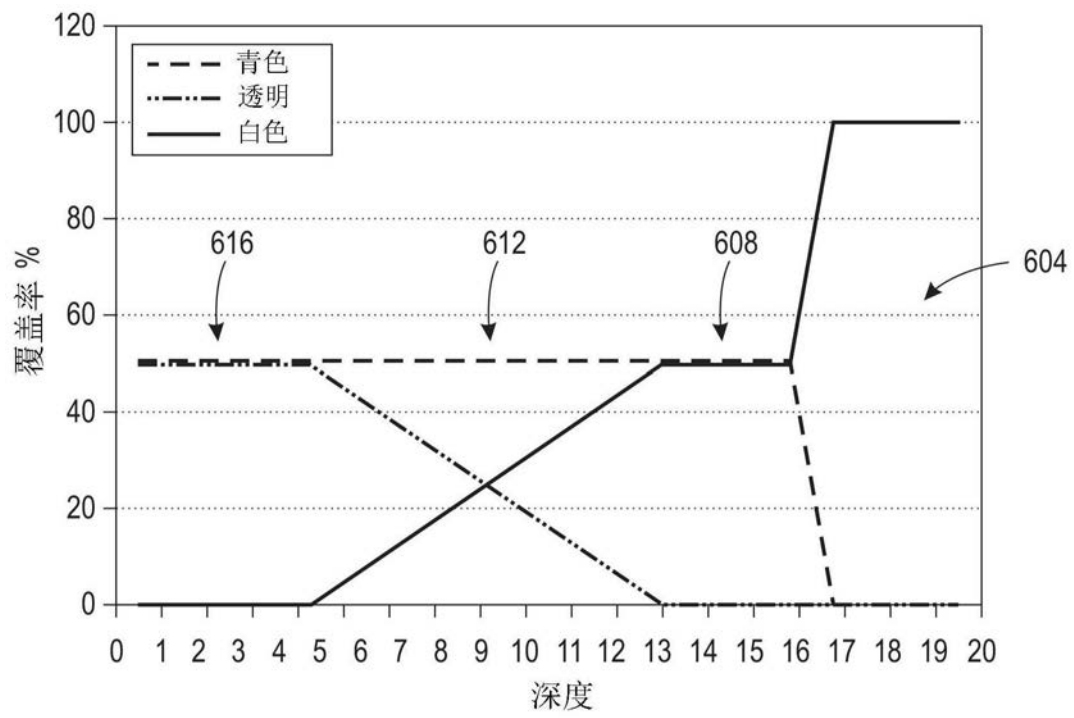


图7

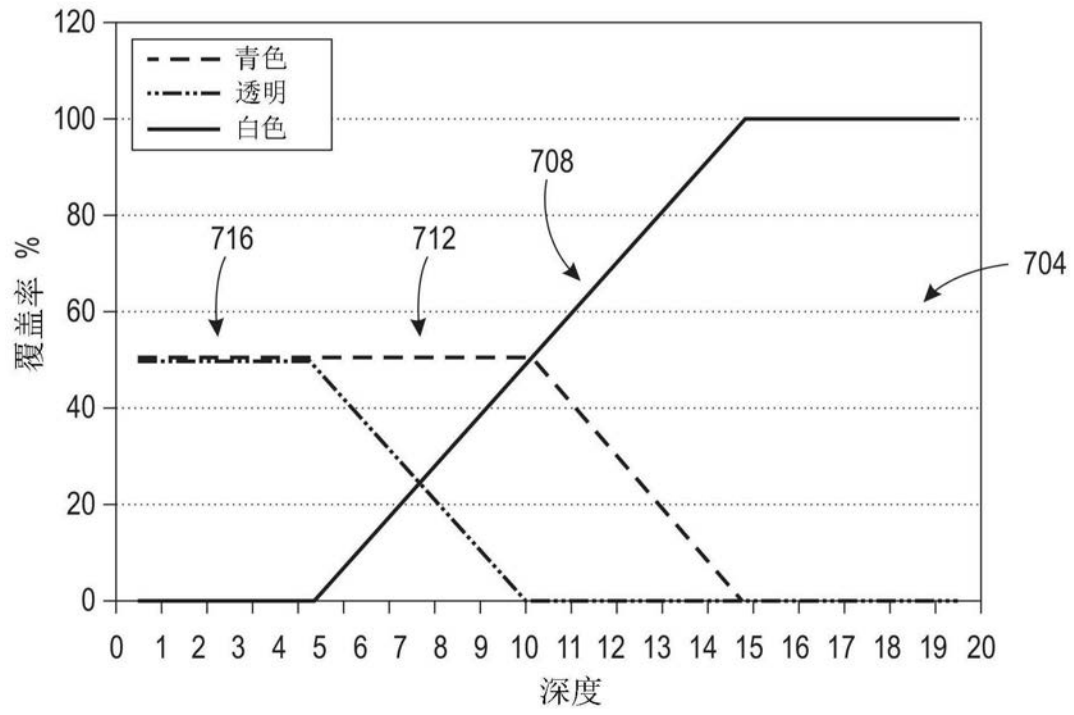


图8

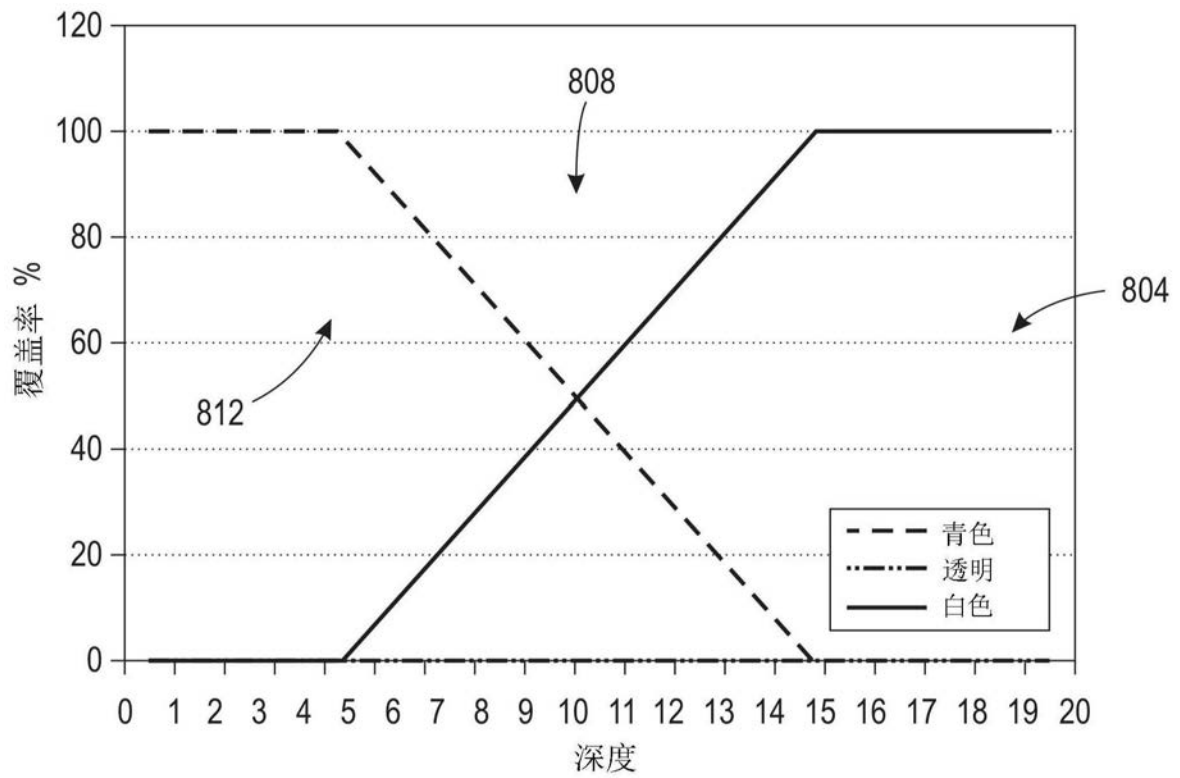


图9