

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101063811 B

(45) 授权公告日 2012. 12. 19

(21) 申请号 200710101017. 6

CN 1950191 A, 2007. 04. 18,

(22) 申请日 2007. 04. 23

WO 9600422 A1, 1996. 01. 04,

WO 2004001508 A2, 2003. 12. 31,

(30) 优先权数据

102006019963. 4 2006. 04. 28 DE

60/796, 159 2006. 04. 28 US

审查员 单英敏

(73) 专利权人 想象科技有限公司

地址 德国格拉德贝克

(72) 发明人 亨德力克·约翰 沃尔科尔·希勒恩

阿里·埃尔-斯博兰尼

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 康建忠

(51) Int. Cl.

G03F 7/00 (2006. 01)

G03F 7/20 (2006. 01)

G06F 17/50 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6500378 B1, 2002. 12. 31,

WO 9515841 A1, 1995. 06. 15,

WO 0100390 A1, 2001. 01. 04,

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 4 页

(54) 发明名称

通过掩膜曝光生成三维对象的设备和方法

(57) 摘要

一种通过经包含预定个分立成像元件(像素)的成像单元输入的能量,在电磁辐射的作用下固化可固化材料,生成三维对象的设备,所述设备包含分别具有通过体素矩阵中的特定灰度值和/或颜色值调整和/或控制能量输入的能力的计算机单元、IC 和/或软件实现。

固有光输出分布

补偿光输出分布



1. 一种生成三维对象的设备,包含:

用于能够在电磁辐射的作用下固化可固化材料的能量输入的、并包含预定个分立像素的成像单元;

分别具有通过体素矩阵中的特定灰度值和/或颜色值调整和/或控制能量输入的能力的计算机单元、IC和/或软件,

其中,成像单元或计算机单元、IC和/或软件被设计成对于整个投影图像,根据在构建面中的整个图像区上确定的固有光输出分布,利用灰度值和/或颜色值生成补偿掩膜,作为为固化生成的位图的叠加物,使整个投影图像上的光输出均匀分布。

2. 根据权利要求1所述的设备,其中,补偿掩膜被提供,在固有光输出分布上的测量点之间内插灰度值和/或颜色值,以便形成通过整个补偿掩膜输入的能量的均匀分布。

3. 根据权利要求1所述的设备,其中,通过图形表示三维物体,成像单元或计算机单元、IC和/或软件被进一步设计成确定像素有多少与图形重叠,和根据结果将相应确定的灰度值或确定的颜色值分配给像素。

4. 根据权利要求1所述的设备,其中,成像单元或计算机单元、IC和/或软件被进一步设计成在为固化生成的横断图像中,识别各种区域扩展的不同区域,并将均匀灰度值和/或颜色值分配给相应区域。

5. 根据权利要求1所述的设备,其中,成像单元或计算机单元、IC和/或软件被进一步设计成在为固化生成的横断图像中,将灰度值和/或颜色值分配给要固化的较大区域以使其变暗,并被设计成将较低级或不将灰度值和/或颜色值分配给要固化的较小区域,从而在要曝光的整个结构区上获得均匀硬化深度。

6. 根据权利要求1所述的设备,其中,成像单元或计算机单元、IC和/或软件被进一步设计成在体素矩阵中实现灰度值/颜色值分配,使得在为相对增大硬化所选的区域中,在体素矩阵中实现沿Z方向增加的硬化深度。

7. 根据权利要求1所述的设备,其中,成像单元或计算机单元、IC和/或软件被进一步设计成按像素将有关灰度值和/或颜色值的信息存储在位图中。

8. 根据权利要求1所述的设备,其中,为每个位图当前在线计算有关每个像素的灰度值和/或颜色值的信息。

9. 根据权利要求1所述的设备,其中,成像单元包括在投影单元中。

10. 根据权利要求1所述的设备,其中,成像单元是空间光调制器类型的。

11. 根据权利要求1所述的设备,其中,成像单元是在MEMS技术中包含光阀的发射点、发射行或发射矩阵。

12. 根据权利要求1所述的设备,其中,成像单元是分别包含LED的发射点、发射行或发射矩阵。

13. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述预定个分立像素被排列成点、行或矩阵,并且所述成像单元将像素组成与三维对象的特定横断区有关的图像,由此形成光栅掩模;

其中,所述成像单元是可控的,如下控制能量输入:在体素矩阵中,对于可变能量输入,将不止两个能级分配给至少一部分像素。

14. 根据权利要求13所述的设备,其中,不止两个能级包含:

a) 打开和关闭状态;和

b1) 预定个灰度级, 或

b2) 预定个颜色值。

15. 一种生成三维对象的方法, 包含:

通过经包含预定个分立像素的成像单元输入的能量, 在电磁辐射的作用下固化可固化材料;

其中, 在体素矩阵中, 针对至少一部分像素, 通过定义的灰度值和 / 或颜色值控制用于固化材料的光输出, 以及

对于整个投影图像, 根据测量的固有光输出分布, 利用灰度值生成补偿掩膜; 所述补偿掩膜作为为固化生成的位图的叠加物, 使整个投影图像上的光输出均匀分布。

16. 根据权利要求 15 所述的方法, 其中, 固化可固化材料的步骤包括: 通过投影单元将图像投影到构建面上, 其中, 成像单元包括在所述投影单元中。

17. 根据权利要求 16 所述的方法, 其中, 在固有光输出分布上的测量点之间内插补偿掩膜中的灰度值, 由此, 在整个补偿掩膜上实现更均匀的灰度值分布。

18. 根据权利要求 15 所述的方法, 其中, 通过图形表示三维物体, 并且该方法进一步包含有关像素有多少与图形重叠的确定, 和根据结果将相应特定灰度值或特定颜色值分配给像素。

19. 根据权利要求 15 所述的方法, 其中, 在为固化生成的横断图像中, 识别不同区域扩展的分开区域, 并且其中, 将均匀灰度值和 / 或颜色值分别提供给识别的区域。

20. 根据权利要求 19 所述的方法, 其中, 根据其扩展使较大的结构区域变暗, 从而在要曝光的整个结构区上获得均匀硬化深度。

21. 根据权利要求 15 所述的方法, 其中, 通过在体素矩阵中提供相应灰度值分配, 经过体素矩阵的单次或多次曝光出现所选区域的增强硬化, 其中, 在所选区域中, 增加沿着体素矩阵的 Z 方向的硬化深度。

22. 根据权利要求 15 所述的方法, 其中, 按像素将有关灰度值和 / 或颜色值的信息存储在位图中。

23. 根据权利要求 15 所述的方法, 其中, 为每个位图当前在线计算有关每个像素的灰度值和 / 或颜色值的信息。

通过掩膜曝光生成三维对象的设备和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及通过经包含预定个分立成像元件（像素）的成像单元输入的能量，在电磁辐射的作用下固化可固化材料，尤其，光聚合物，生成三维对象的设备和方法。更具体地说，本发明涉及固化基于通过光栅掩膜的曝光，以及掩膜中的最小物理分辨率由像素的大小给出和将空间光调制器（SLM）技术应用于成像单元的方法。

背景技术

[0002] 如下的文献说明了构造“光硬化”光聚合物的三维对象的高度可变方法，相关内容请参阅：“Automated Fabrication-Improving Productivity in Manufacturing” by Marshall Burns, 1993 (ISBN0-13-119462-3)。

[0003] 除了其他因素之外，已知可能是通过如下的曝光：

[0004] a) 多媒体投影仪；

[0005] b) LC(液晶)显示器(反射、透射)；

[0006] c) LED(发光二极管)或激光二极管行(在一个区间中与行垂直地移动)；

[0007] d) 光阀技术(MEMS)。

[0008] 在如下的专利中描述了三种方法：

[0009] 美国德克萨斯仪器公司的美国专利 US005247180A “Stereolithographic Apparatus and Method of use”(1993年9月)；

[0010] SRI 国际公司的美国专利 US005980813A “Rapid Prototyping using multiple materials”(1999年11月)；

[0011] Karlsruhe 大学信息学研究中心的实用新型公布 DE G 9319405.6 “Device for the production of a three-dimensional object(model) according to the principle of photo solidification”(1993年12月)；

[0012] 尤其，根据类似的方法，DeltaMed 的实用新型公布 DE 29911122U1 “Device for producing a three-dimensional object”(1999年6月)描述了生成微技术三维部件的应用；

[0013] Envision Technologies 股份有限公司的 EP1250997A(= US2002155189A) “Device for producing a three-dimensional object”(2002年4月)；

[0014] 丹麦 DICON AS Lystrup 公司的德国专利 DE69909136T “Rapid Prototyping Device and Rapid Prototyping Method”(2003年7月)(等效于：欧洲专利 EP 1156922 “Rapid Prototyping Apparatus and Method of Rapid Prototyping”(2003年8月))；

[0015] HAP, Sitec Industrietechnologie and DELTAMED Medizinprodukte 股份有限公司的 WO 01/00390A；和

[0016] Envisiontec 股份有限公司的 WO 2005/110722A。

[0017] 对于产生光聚作用的基于激光系统，通过激光束的能量设置提供曝光点的光输出，从而可以在那个点上控制像光聚合物那样的可固化材料的硬化深度。对于可选择硬化，

在要相应硬化的横断区上扫描激光束。可以像曲线那样用激光束扫描要硬化的横断区的轮廓 (contour)。

[0018] 通常,借助于通过尤其利用 SLM 技术的投影系统,根据掩膜投影产生光聚作用的系统,一次性地曝光横断区。投影图像的白色区域使可固化材料(一般地,光聚合物)硬化;黑色区不会。要硬化的横断区的轮廓只能出现在光栅中;分辨率取决于图像点或像素的数量和取决于投影图像的大小。

[0019] 对于上述的 WO 01/00390A,通过控制掩膜的渗透率控制光束强度,其中,强度可以通过选择透射 LCD 的灰度级来控制。但是,通过不同强度的分配是针对只取决于固化区是否在下面的层进行的。在 WO 01/00390A 中没有提到像根据本发明那样体素矩阵中的能量输入的调整和 / 或控制。本发明处理体素矩阵中的分辨率和细调;在本发明中不需要取决于用于连接的下面硬化层是否存在的灰度级分级。

[0020] 在 WO 2005/110722A 中,为了提高沿着要生成的对象的横断区的轮廓内外的分辨率,在子像素层面上进行多次曝光,所述曝光由图像 / 构建面中在子像素层面上偏移的多个图像的序列组成,其中,对于每个偏移图像,生成一个独立的掩膜 / 位图。针对通过子像素偏移获得的轮廓像素考虑灰度级调整。在 WO 2005/110722A 中一点也没有提到像根据本发明那样体素矩阵中的能量输入的调整和 / 或控制。

[0021] WO 01/00390A 和 WO 2005/110722A 都没有阐明如何改善图像面中的分辨率和细调,和如何使光源的固有不均匀性平衡得更好。

发明内容

[0022] 本发明的目的

[0023] 本发明的目的是改善通过经包含预定个分立成像元件(像素)的成像单元输入的能量,在电磁辐射的作用下固化可固化材料,生成三维对象的设备和方法,以便实现系统的更高精确度、更高分辨率和细调、和 / 或更高均匀性。

[0024] 解决问题的方案

[0025] 在第一实施例中,本发明提供了通过经包含预定个分立成像元件(像素)的成像单元输入的能量,在电磁辐射的作用下固化可固化材料,生成三维对象的设备,所述设备包含分别具有通过特定灰度值和 / 或颜色值调整和 / 或控制能量输入的能力的计算机单元、IC 和 / 或软件实现。

[0026] 业已发现,在体素矩阵中通过特定灰度值和 / 或颜色值有选择地调整和 / 或控制能量输入尤其有利。并且,最好,没有像素偏移地使用光栅掩膜(位图)。

[0027] 在本发明中,术语“体素矩阵”指的是固化体素(体像素)的光栅排列,其中,体素成像像素矩阵的图像点,并且每个体素的硬化深度取决于每个图像点的能量输入。

[0028] 在第一实施例的优选方面中,可以按像素特别地和分别地有利提供调整和 / 或控制特定灰度值和 / 或颜色值的能力。

[0029] 在第二实施例中,本发明进一步提供了通过经包含排列成点、行或矩阵的预定个分立成像元件(像素)的光栅成像单元输入的能量,在电磁辐射的作用下固化可固化材料,生成三维对象的设备,其中,成像单元将像素组成图像,由此,形成光栅掩膜(位图),其中,成像单元被设计成对于可变能量输入,可以将不止两个能级分配给至少一部分像素。此外,

在这个第二实施例中,也业已发现,在体素矩阵中通过特定灰度值和 / 或颜色值有选择地调整和 / 或控制能量输入尤其有利。并且,最好,没有像素偏移地使用光栅掩膜(位图)。

[0030] 该分配适合通过按位图和最好按像素特别供应或提供不止两个能级来提供。在第二实施例的优选方面中,成像单元设计成这样是有利的,那就是,按像素特别地和分别地提供不止两个能级的像素分配或分类。

[0031] 不止两个能级最好包括:

[0032] a1) 打开和关闭状态,在透射系统(尤其带有光阀)中,通过几乎完全能量透射(白色),或通过没有能量透射的几乎完全能量阻塞(黑色);

[0033] a2) 打开和关闭状态,在反射系统中(尤其在数字微镜设备[DMD]或用于光数字处理[DLP]的硅液晶[LCoS]中),通过到光轴的几乎完全能量反射(在投影图像中,白色),或通过到光吸收体的光轴外的几乎完全能量反射(在投影图像中,黑色);和另外,

[0034] b1) 预定所需个灰度级,或

[0035] b2) 预定所需个颜色值。颜色值可以代表色调和 / 或色密度或强度。

[0036] 按照本发明,与灰度值相比,通过颜色值的调整或设置尤其有利,因为以后可以实现好得多的细调,尤其与相应使用的光聚合物联系在一起。

[0037] 在第一和第二实施例的优选方面中,设备的成像单元可以包括在投影单元中。成像单元通常被设计成像素的数量恒定和以相互空间固定方式安排在平面中。

[0038] 在第一和第二实施例的优选方面中,成像单元可以是发射点、发射行或发射矩阵类型的设备。当成像单元包含空间光调制器(SLM)或MEMS技术中的光阀或LED时,尤其可以实现分辨率改善。

[0039] 本发明更进一步提供了通过经包含预定个分立成像元件(像素)的成像单元输入的能量,在电磁辐射的作用下固化可固化材料,生成三维对象的方法,其中,针对至少一部分像素,通过定义的灰度值和 / 或颜色值控制用于固化材料的光输出。由于这种措施,通过在体素矩阵中通过特定灰度值和 / 或颜色值有选择地调整和 / 或控制能量输入,可以细致得多地、可变地和精确地有利设置固化材料的电磁辐射的穿透深度,最好,没有像素偏移地使用光栅掩膜(位图)。

[0040] 可以按图像点(像素)将有关灰度值和 / 或颜色值的信息存储在光栅图像(位图)中。

[0041] 在根据本发明的方法的一个优选实施例中,通过投影单元将曝光掩膜或图像投影到构建面上,以便固化材料。

[0042] 在根据本发明的设备和方法的一个优选实施例中,根据测量的固有光输出分布,利用整个投影图像的灰度值生成补偿掩膜,所述补偿掩膜叠加在为固化生成的位图上,使整个投影图像上的光输出均匀分布。因此,光输出分布的均匀性得到显著提高。当固有光输出分布的测量发生在构建面的投影图像中时,补偿掩膜的生成可以与在构建过程中生成的位图无关地发生,因此,不仅涉及曝光,而且涉及未曝光表面。

[0043] 在根据本发明的方法的一个优选实施例中,在测量点之间内插补偿掩膜中的灰度值,因此,在整个补偿掩膜上取得更均匀的灰度值分布。

[0044] 在根据本发明的设备和方法的一个特定优选实施例中,通过图像确定像素有多少重叠。取决于这个确定的结果,具体地对像素地分配相应加权灰度值或特定颜色值。由于

这种措施,对于非常精细结构,可以显著提高分辨率。可替代地,或另外,这些措施考虑了轮廓光栅化的反混叠,因此,消除或降低了随着向量图形,这里,要曝光的横断结构的光栅化引起的边缘/等高区中的所谓混叠假像。根据本发明,在这种情况下不希望多次曝光和/或子像素偏移。

[0045] 在根据本发明的设备和方法的另一个特定优选实施例中,将在为固化生成的横断图像中识别各种区域扩展的不同区域。将均匀灰度值和/或颜色值分配或提供给分别识别区域的像素,以便灰度值和/或颜色值遍布相应区域。因此,例如,可以根据它们的扩展使较大区域结构变暗,而将较小区域结构照射到较亮。因此,在整个横断图像上,并由此,在要曝光的整个区域上获得均匀硬化深度。

[0046] 在根据本发明的设备和方法的一个优选实施例中,通过在体素矩阵内提供相应灰度值/颜色值分配,经过体素矩阵的单次或多次曝光,将使所选区域的硬化增强。没有分配或分配了较低灰度值/颜色值的所选区域中的硬化深度最好是其余区域的硬化深度的好几倍,即,至少三倍,最好至少四倍,和进一步,最好至少五倍。

[0047] 在根据本发明的设备和方法的一个优选实施例中,为每个光栅图像(位图)当前(currently)在线计算有关每个图像点(像素)的灰度值和/或颜色值的信息。

附图说明

[0048] 图1示意性地示出了本发明涉及根据通过补偿掩膜使用简单瓦叠的一个实施例在宏观层面上调整灰度值或颜色值的概念;

[0049] 图2示意性地示出了本发明涉及根据另一个实施例在宏观层面上调整灰度值或颜色值的概念,其中,在各个测量点之间使用内插来生成补偿掩膜;

[0050] 图3示意性地示出了作为生成位图的基础、包含不同大小小孔和圆柱体的三维对象的模型的几何结构;

[0051] 图4示意性地示出了生成没有本发明的精确到像素灰度值或颜色值调整或控制的位图的比较例子;

[0052] 图5示意性地示出了根据本发明的一个实施例生成带有微观层面上的精确到像素灰度值或颜色值调整或控制的位图的例子,该调整或控制取决于通过向量图形的光栅像素重叠程度;

[0053] 图6在左侧表示中示出了带有叠加光栅(这里,像素被表示成方格)的要成像的横断结构的基于向量开始图像;和在右侧表示中示出了基于光栅图形的生成位图,这里,通过微观层面上的灰度值或颜色值调整获得的根据本发明一个实施例的边缘平滑化取决于像素是否与图形交叠,和通过哪一种扩展使像素与图形交叠,以便将相应加权灰度值提供给它们;

[0054] 图7示意性地示出了可以用于根据本发明生成三维对象的基本设备;其中,在本实施例中,以层的形式构建三维对象;和

[0055] 图8示意性地示出了可以用于根据本发明生成三维对象的基本设备;其中,在本实施例中,与层无关地构建三维对象。

具体实施方式

[0056] 根据本发明的设备和方法允许改善光输出分布的均匀性。具体地说,在宏观层面上通过灰度级和 / 或颜色值,或具体地在微观层面上的像素层面上的光输出控制可以通过确定体素矩阵的位映射提高成像性能。可以降低由纯打开 / 关闭 (黑色 / 白色) 光栅引起的成像损失。不必提高成像单元的分辨率就可以提高构建面中的分辨率性能。因此,关于表面平滑度、细节精确度、和容限全面提高构建部件的质量。

[0057] 尤其在利用 SLM 技术的投影系统中,可以显著提高图像面上的光输出分布 (相对于传统不均匀分布,绝对值可能高达 50%)。于是,与现有技术状态相比,在使用的光源 ; b) 耦合光能 (尤其耦合到 SLM) 的光学系统 ;和 c) 投影光学器件的光晕的方面,降低了相关性或影响。

[0058] 即使光源的特性随时间而变,也可以根据本发明加以校正,以便可以补偿可变误差和变化均匀性分布。如果愿意,甚至由将光能耦合到 SLM 的光学系统和投影光学器件引起的恒定误差也可以通过补偿任何均匀性偏差,借助于本发明得以避免。

[0059] 如果愿意,借助于根据本发明的概念,也可以应付光强随曝光区结构的大小而变化 (相邻区越大,光强越高 ;细小区结构越小,光强越低) - 这是如果不采取根据本发明的措施,一旦通过 SLM 技术应用掩膜投影,投影图像中的光输出分布的不均匀性可以导致光聚合物的硬化深度存在相应偏差,因此,导致部件存在误差 / 偏差、不准确等的原因 - 的问题。

[0060] 通过灰度级控制和 / 或颜色值控制,可以在整个图像上调整光输出分布 (灰色掩膜补偿),即,宏观调整,但是,也可以在像素层面上调整光输出分布,即,微观调整,而无需改变光源和 / 或成像光学器件的固有条件。可选择地,即,取决于要成像的横断结构,和在为当前生成的体素矩阵生成横断区的位图期间,进行微观调整是最佳的。

[0061] 更进一步,通过将不止两个能级分配给至少一部分像素,尤其除了普通打开和关闭状态 (白色 / 黑色) 之外,通过预定个灰度级,最好通过预定个颜色值提供附加能级的措施,可以对能量输入进行好得多的细调。

[0062] 通过本发明,在整个横断成像结构上这些工作条件,尤其硬化深度也可以在很大程度地保持不变,或者,为了使所选区域过曝光或欠曝光,可以有选择地具体操纵这些工作条件,尤其硬化深度,从而导致构件的质量得到改善。特别是,如果包含如下因数作为过曝光或欠曝光的参数,将取得更好的分辨率和更好的细调 :

[0063] - 光栅像素与向量图形的重叠程度 ;和 / 或

[0064] - 横断图像的区域大小。

[0065] 此外,可以补偿由,例如,光源的老化或其它光学误差引起的偏差。

[0066] 灰度级控制和 / 或颜色值控制在技术上最适合完全通过软件来完成。分别具有相应功能的诸如 CPU (中央处理单元) 的计算机单元、IC 和 / 或软件实现可以作为适当元件用于这个目的。因此,可以非常灵活地使用该系统和将该系统用于基于 SML 技术的所有掩膜投影系统。

[0067] 另一个主要优点是,通过灰度级和 / 或颜色值控制,可以与曝光时间无关地提供可选择、精确到像素的光输出调整。因此,对于所有位图,曝光时间都可以有利地保持不变。

[0068] 下面根据参照附图的进一步示范性实施例对本发明作更详细描述 ;但是,本发明决不局限于所述的实施例和例子和示图,而是可以包含在权利要求书范围内的任何变化和修改。

[0069] 图 7 示意性地示出了通过掩膜投影 8 硬化光硬化材料 4 生成三维对象 3 的基本设备,其中,带有成像光学器件 2 的投影单元 1 配备在充有光硬化材料 4 的器皿 6 上面,硬化可以在器皿 6 内沿着垂直方向移动的支承板 5 上的对象 3。在例示的实施例中,按层进行三维对象 3 的构建。但是,可替代地,也可以与层无关地进行构建。其它设计选择也是可以的。硬化过程可以不分层地连续进行;不连续(相同,不同或可变层厚)地进行;部分连续和部分不连续(相同,不同或可变层厚的不连续)地进行;或以各种可能的组合进行。图 8 示意性地示出了作为如图 7 所示的设备的一种替代品的例示性实施例,其中,相同的标号表示相应的部件,但与任何层无关地构建三维对象 3。

[0070] 根据本发明的设备和过程尤其适用于与任何层无关地构建三维对象 3。

[0071] 借助于基于光聚合作用的方法,将硬化所需的光辐射投影在处理面上。通过多媒体投影仪实现曝光。这里,图像由各个图像点(像素)组成,成为所谓的位图。位图掩膜通过空间光调制器形成,其中,以相互空间固定方式将像素排列在平面中。这样半导体元件的当前典型示范性分辨率是 SXGA+,即,1400×1050 个像素。

[0072] 灰度级控制 / 宏观调整

[0073] 宏观调整涉及通过灰色或彩色掩膜补偿平衡由光学系统或它的误差引起的整个图像区上的光输出分布的固有偏差。

[0074] 为此,记录均匀分布在整个图像面上的多个测量值,和计算灰度值或颜色值的补偿掩膜,所述补偿掩膜位于或叠加在每个各自投影位图掩膜上。由于这种方法,均匀度至少改进了因数 2。

[0075] 测量结果可以人工记录或通过传感器矩阵确定。

[0076] 作为补偿掩膜的一个实施例,可以对补偿掩膜使用简单瓦叠(tiling)(图 1);作为另一个实施例,可以内插各个测量点之间的补偿灰度值或颜色值(图 2),因此,可以借助于各个测量点之间的软 / 连续过渡生成补偿掩膜。

[0077] 灰度级控制 / 微观调整

[0078] 微观调整涉及以最高精确度获取要投影的横断区的最真实图像,以及使要曝光结构上的曝光和硬化参数保持不变,或通过灰度级或颜色值控制过曝光或欠曝光具体地和精确到像素地影响它们。

[0079] 应用例子:

[0080] 成像面中小于 3×3 像素的要曝光结构的灰度值的精确到像素调整

[0081] 对于 1.5×1.5 像素的结构大小,这里可能发生这种情况,由于不利的像素 / 位图分布,或纯黑白转换的光栅,只有一个像素或甚至 3×3 个像素被转换成白色的。对于 1 个像素大小的较小结构,甚至可能发生位图中要成像的结构完全丧失了。

[0082] 为了防止这种情况发生,视与要成像的结构的重叠程度而定,将相应灰度值分配给每个像素。这尤其适于结构的轮廓(contour)区。

[0083] 这里根据包含小孔,以及各种大小(直径为 200、500 和 1000 μm)(图 3)的小圆柱体的结构给出该原理,从其横断区分别生成一个位图掩膜。

[0084] 根据光栅的分辨率,这里,1280×1024 个像素,和结构区的大小,这里,317.5×254mm,将得出 248 μm 的像素大小。

[0085] 应该注意到,这里,最小结构小于一个像素!

- [0086] 通过两种不同位映射策略,将示出通过灰度值或颜色值调整的改善:
- [0087] 纯黑白像素的位映射策略
- [0088] - 将像素填入轮廓的内区 (inside area) 中。
- [0089] - 将白色像素填入外轮廓 (实体在内) 中。
- [0090] - 将黑色像素填入内轮廓 (空腔在内) 中。
- [0091] - 只有当像素至少 50% 被内区覆盖时,像素才接触轮廓线。
- [0092] 如此生成的位图 (图 4) 清楚地示出了直径大小 200 μm 的缺损结构。
- [0093] 其原因是,对于未出现在位图中的这些结构,视它们在光栅中的位置而定,没有像素被覆盖超过 50%。
- [0094] 尺度:

原始直径	位图表示 “小孔”		位图表示 “圆柱体”	
	像素数	直径	像素数	直径
200 μm	1 个像素	248 μm	1 个像素	248 μm
500 μm	2 个像素	496 μm	2 个像素	496 μm
1000 μm	4 个像素	992 μm	4 个像素	992 μm

- [0096] 精确到像素灰度值调整的位映射策略
- [0097] - 将像素填入轮廓的内区中。
- [0098] - 将“亮”像素填入外轮廓 (实体在内) 中。
- [0099] - 将“暗”像素填入内轮廓 (空腔在内) 中。
- [0100] - 像素亮度或它的灰度值取决于与内区重叠的程度。
- [0101] 如此生成的位图 (图 5) 将使所有结构 / 几何结构都可见。200 μm 圆柱体太暗,并且 200 μm 小孔太亮。其原因是,视像素光栅中轮廓的位置而定,没有像素表现出 100% 重叠,因此,没有像素呈现 100% 白色 (外轮廓) 或 100% 黑色 (内轮廓)。
- [0102] 尺度:

原始直径	位图表示 “小孔”		位图表示 “圆柱体”	
	像素数	直径	像素数	直径
200 μm	~ 1 个像素	~ 248 μm	~ 1 个像素	~ 248 μm
500 μm	~ 2 个像素	~ 496 μm	~ 2 个像素	~ 496 μm
1000 μm	~ 4 个像素	~ 992 μm	~ 4 个像素	~ 992 μm

- [0104] 使要曝光的结构的外轮廓平滑化
- [0105] 这里,利用了数字图像处理中已知的反混叠效应。
- [0106] 光栅化的已知问题是混叠效应。如果对于要生成的光栅图形,可获得多于 1 位的灰度值深度,可以通过“边缘平滑化”(反混叠)降低这种效应。不同的 B/W 滤波方法可用于此。

[0107] 对于位图输出的反混叠,将消除出现在向量图形(这里,要曝光的横断结构)(图6)中的所谓混叠假像,即,混叠效应。

[0108] 当画一条线时,可以没有任何问题地只画出水平和垂直线,其线宽是像素间隔的倍数,和其起点和终点位于像素上。如果一条线有点倾斜,将不可避免地出现混叠假像。周围/自由形态也会发生相同情况。该效应越显著,分辨率就越差。

[0109] 在向量图形的反混叠效应中,需要考虑像素与图形交叠多少;并将相应加权灰度值提供给他们。这里,像素通常被视作方格。像素面被图形覆盖越多,像素的灰度值被调整得越亮。对于这种实现,要使用专门的软件滤波器。

[0110] 通过这种方法,最后还相应地影响材料的硬化行为,因此,在最终部件中达到更高的精确度。

[0111] 另外,投影光学器件和光聚合物的成像不精确性可以施加深通滤波功能,其一方面,可以导致部件表面进一步产生平滑效应,但另一方面,也导致部件更不精确或细节损失。

[0112] 通过随要成像的横断结构/要成像的部件几何结构而变的灰度级控制控制硬化深度

[0113] 大表面结构与细小横断结构的硬化深度

[0114] 对于较大结构区,可比细小结构获得每个区域更多的光输出;这种现象导致xy扩展(在轮廓之外)和z扩展(深度)的硬化不同。

[0115] 如果一次曝光,例如,10mm×10mm的大表面,将硬化成,例如,130 μm的厚度;但是,在相同的曝光时间内,2mm×10mm的结构将只硬化100 μm。如果现在在,例如,100 μm的层中或在相应体素矩阵中构建部件,将可能发生,在细小部分中,通过过曝光(硬化到前一层中多达30%的130 μm深度),生成的固化材料未缔结足够的化学键接,固化材料在这个部分中是分开的,并且部件存在缺陷。这种现象对于细小支持结构尤其至关重要。

[0116] 根据特殊算法,在横断图像中识别不同区域扩展的结构,和精确到像素地将相应灰度值分配给它们,以便在要曝光的整个结构区上获得均匀的硬化深度(Z)和扩展(XY)(这里,较大区域结构随它们的扩展而变暗)。

[0117] 大块结构的较高生坯(green compact)硬度/一个部件内的较多材料累积

[0118] 对于一些部件,存在累积了一方面其壁厚超过后硬化中材料的最大可能硬化深度的材料或处在部件内在后硬化过程中光能到达不了或只在有限程度上到达的位置中的体部分。

[0119] 早在生成过程中,这样的体部分就可以通过特殊过曝光达到较高生坯硬度。这可以通过体素矩阵中的相应灰度值或颜色值分配实现。其中,Z方向的硬化深度最好超过正常固化深度好几倍。

[0120] 对于上述所有应用,位图掩膜/曝光掩膜可以包含有关黑色/白色、灰度值和/或颜色信息的信息,通过其来控制曝光能量。分别描述的实施例和例子可以以任意方式相互组合。

固有光输出分布

补偿光输出分布

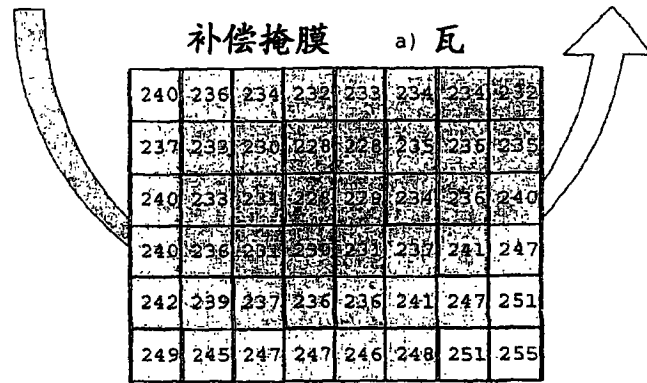


图 1

固有光输出分布

补偿光输出分布

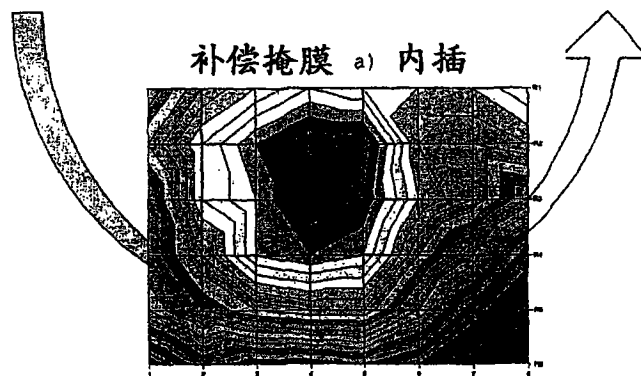
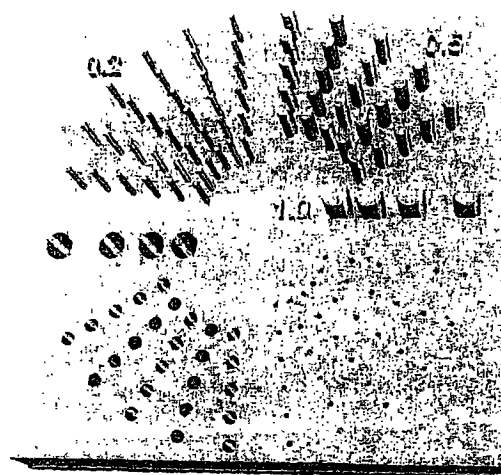
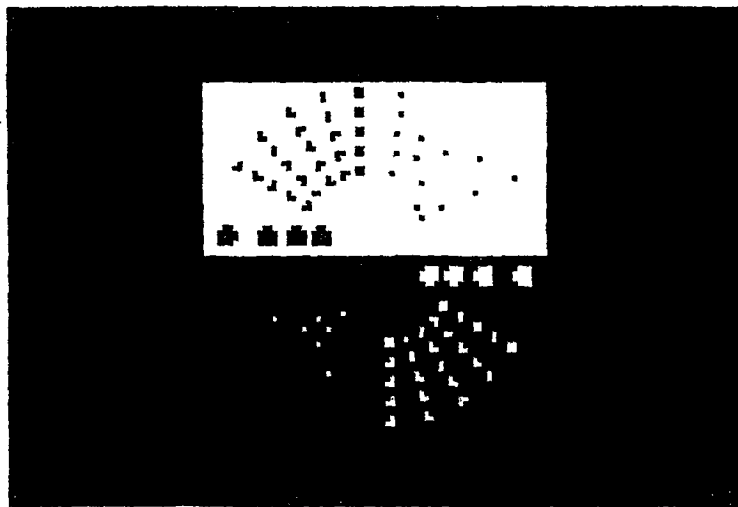


图 2



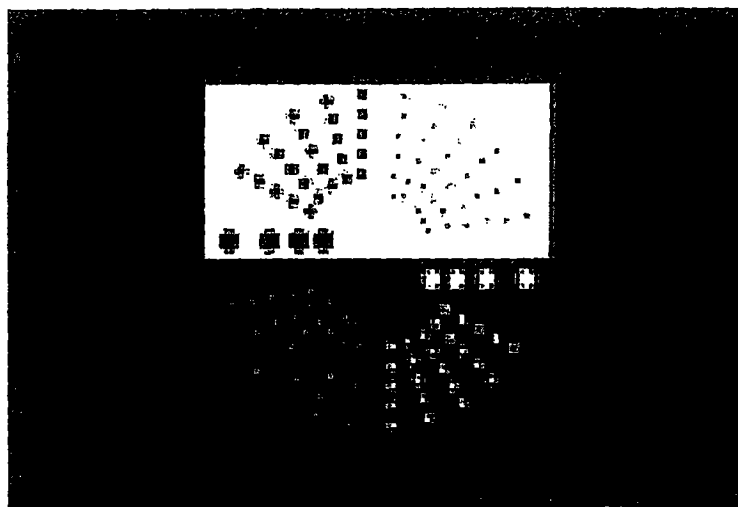
具有不同大小的小孔和圆柱体的几何结构

图 3



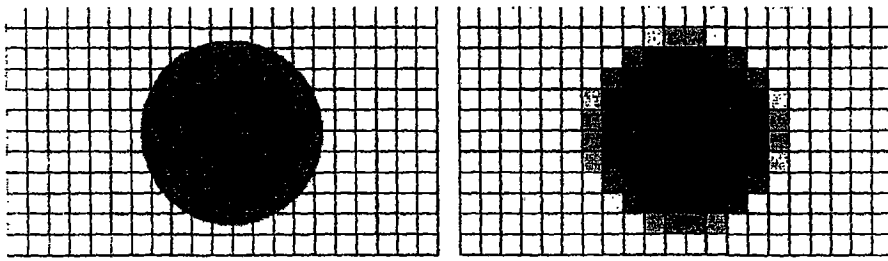
具有直径大小 $200\mu\text{m}$ 的缺损结构的生成位图

图 4



FillPath_Subsample_1.png

图 5



左图：带有叠加光栅（这里，像素被表示成方格）的要成像的横断结构的基于向量的开始图像的开始表示。右图：边缘平滑化了的图形/位图

图 6

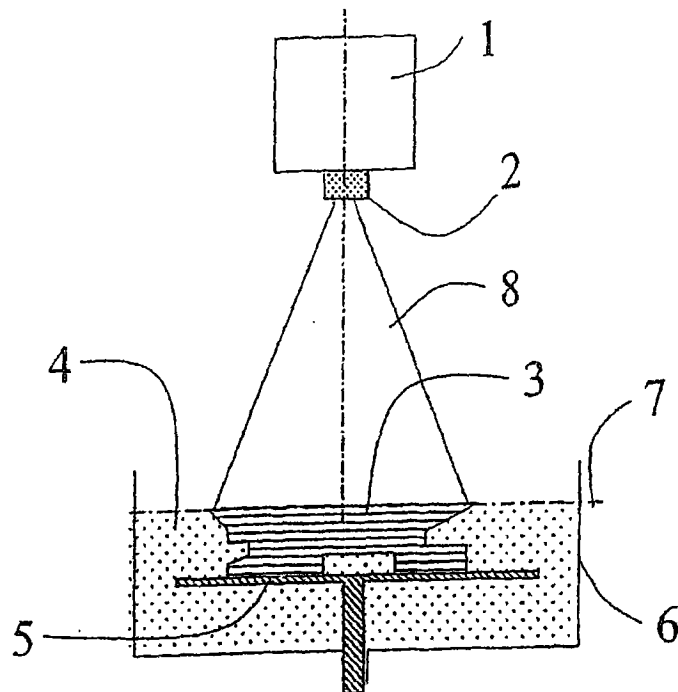


图 7

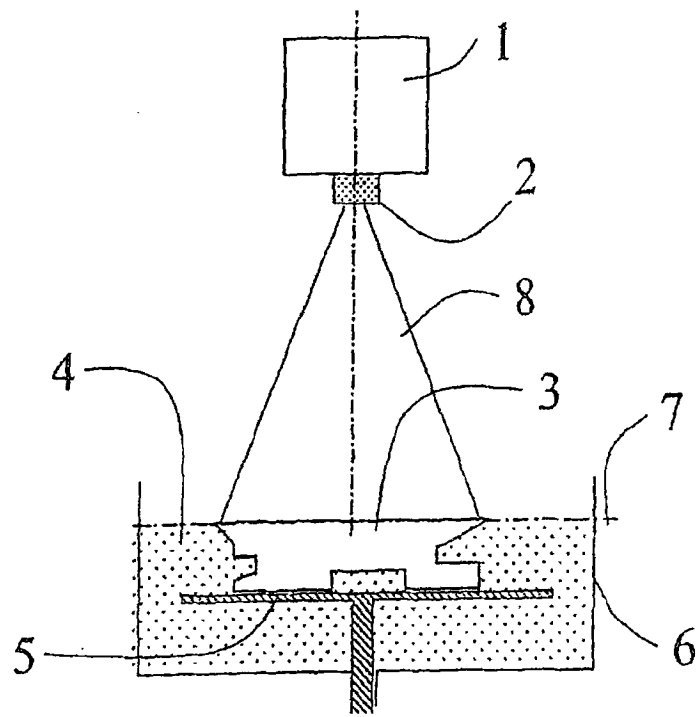


图 8