



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104470704 B

(45)授权公告日 2017.03.22

(21)申请号 201380038124.2

(22)申请日 2013.05.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104470704 A

(43)申请公布日 2015.03.25

(30)优先权数据

1208993.4 2012.05.22 GB

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.01.16

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/025003 2013.05.22

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/015994 EN 2014.01.30

(73)专利权人 MCOR科技有限公司

地址 爱尔兰劳斯郡

(72)发明人 詹姆斯·特拉弗 飞利浦·基南

芬坦·麦科马克 康纳·麦科马克

(74)专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限公司

公司 11228

代理人 武君

(51)Int.Cl.

B29C 64/147(2017.01)

B29C 64/393(2017.01)

B33Y 10/00(2015.01)

B33Y 50/02(2015.01)

(56)对比文件

US 5015312 ,1991.05.14,

JP 特开2002-292752 A,2002.10.09,

US 20110222081 A1,2011.09.15,

US 6506477 B1,2003.01.14,

US 20040080078 A1,2004.04.29,

EP 1415791 A1,2004.05.06,

EP 2141003 A2,2010.01.06,

US 20090303507 A1,2009.12.10,

JP 特开2010-74317 A,2010.04.02,

CN 101814188 A,2010.08.25,

审查员 李晓文

权利要求书3页 说明书13页 附图14页

(54)发明名称

利用3D色域映射进行彩色三维打印

(57)摘要

提供了一种配置为形成彩色三维(3D)物体的分层物体制造(LOM)系统,所述系统包括:3D物体色域映射模块,其配置为限定由多个表面形成的3D物体并且提供与所限定的3D物体一致的打印机制,其中,所述3D物体色域映射模块配置为对待打印的多个介质层中的各介质层的表面朝向进行分析,以适应性地修改打印至该层的颜色;以及,打印机,其配置为根据所述打印机制对所述多个层中的各个层的第一表面的至少一部分进行彩色打印。还提供了一种用于在3D物体介质层中提供透印区域的彩色3D物体介质层打印模块。还提供了一种3D物体色域映射方法和用在

包括所述打印模块的分层物体制造(LOM)系统中的油墨。

1. 一种配置为形成彩色三维(3D)物体的分层物体制造(LOM)系统,所述系统包括:
 - a. 3D物体色域映射模块,其配置为限定由多个表面形成的3D物体并且提供与所限定的3D物体一致的打印机制,其中,所述3D物体色域映射模块配置为对待打印的成品3D物体的多个介质层中的各个介质层的表面朝向进行分析,以适应性地修改打印至该层的颜色的强度,从而使3D物体的所有表面的总颜色强度归一化,并在所限定的3D物体的表面的角和施加在该表面的颜色之间的存在有相关性;以及
 - b. 打印机,其配置为根据所述打印机制对所述多个层中的各个层的第一表面的至少一部分进行彩色打印。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述系统进一步包括校对机,其配置为将所述多个单独介质层组装,形成所述3D物体。
3. 根据权利要求2所述的系统,其中,所述打印机和校对配置来使得所述打印机在将单独介质层与先前打印层进行核对之前对该层实行打印。
4. 根据权利要求2或3所述的系统,其中,所述打印机配置为在核对之前施加所述颜色。
5. 根据权利要求2或3所述的系统,其中,所述打印机配置为在核对期间施加所述颜色。
6. 根据权利要求2或3所述的系统,其中,所述校对机包括粘结模块,其配置为粘结所述多个介质层中的各个单独介质层。
7. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述粘结模块配置为使用水基粘合剂。
8. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述打印机配置为打印各个所述介质层的第二表面。
9. 根据权利要求8所述的系统,其中,在第一和第二表面上进行打印在操作上减少了图像渗色,并且,无论物体的表面的角度如何,都保持了颜色准确性。
10. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述打印机配置为向所述多层中各个层的所述第一表面的至少一部分施加多种颜色。
11. 根据权利要求1所述的系统,包括仿形模块,其配置为对所述多个介质层中的各个单独介质层进行仿形处理,以在所述3D物体内实现所需的3D形状。
12. 根据权利要求11所述的系统,其中,所述3D物体色域映射模块配置为与所述仿形模块接口连接,以可操作地识别所述3D物体的单独边缘表面并且选择性地对这些边缘表面实行颜色施加。
13. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述3D物体色域映射模块配置为在所述3D物体内对所述多个表面中的各个单独表面进行识别。
14. 根据权利要求13所述的系统,配置为:针对所述多个表面中所选择的表面,实现所述3D物体的所有表面的总颜色强度的归一化。
15. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述3D物体色域映射模块配置为:在组装所述多个层时,对所述3D物体的所有表面的总颜色强度进行归一化。
16. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述打印机制为所述多个层中各个层限定油墨。
17. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述3D物体色域映射模块配置为为所述多个层中各个层限定介质类型,所述系统配置为当形成所述3D物体时使用所限定的介质类型。
18. 根据权利要求1所述的系统,配置为为所述多个层中各个层限定油墨和介质组合。
19. 根据权利要求18所述的系统,其中,所述3D物体色域映射模块配置为通过使用至少

一个校准3D物体,基于经验为所采用的各油墨和/或介质类型确定映射函数。

20. 根据权利要求19所述的系统,配置为接收表示若干3D试件的测量值的数据,所述测量值包括反映了使用颜色测量装置和发光体所测量的不同壁角度的数据。

21. 根据权利要求20所述的系统,其中,所述颜色测量装置包括色度计。

22. 根据权利要求19所述的系统,其中,所述映射函数包括线性映射函数、多项式映射函数或不规则映射函数。

23. 根据权利要求22所述的系统,其中,当所述映射函数包括不规则映射函数时,使用查找表(LUT)来确定所述映射函数。

24. 根据权利要求1所述的系统,配置为在确定所述打印机制时在打印机油墨与所述介质层的本色之间实行混色。

25. 根据权利要求1的分层物体制造(LOM)系统,还包括校对机,其中校对机被配置为将多个单独介质层组装形成彩色三维(3D)物体,其中打印机进一步配置为对多个层中的各个层的第一表面的至少一部分进行彩色打印,并且对所述介质层的第二表面的相应部分进行彩色打印,所述第二表面与所述第一表面相对,从而在可操作地打印所述第二表面时在所述介质层中提供透印区域。

26. 根据权利要求25所述的系统,其中,所述打印机和校对机配置为使得所述打印机在将单独介质层与先前打印层进行核对之前对该层实行打印。

27. 根据权利要求25或26所述的系统,其中,所述打印机配置为在核对之前施加所述颜色。

28. 根据权利要求25或26所述的系统,其中,所述打印机配置为在核对期间施加所述颜色。

29. 根据权利要求25或26所述的系统,包括粘结模块,其配置为粘结所述多个层中的各个单独层。

30. 根据权利要求29所述的系统,其中,所述粘结模块配置为使用水基粘合剂。

31. 根据权利要求25所述的系统,其中,所述打印机配置为使用足以大致地渗透所述介质层的一半厚度的油墨来分别打印所述第一和第二表面。

32. 根据权利要求25所述的系统,其中,在第一和第二表面上进行打印在操作上减少了图像渗色,并且,无论物体的表面的角度如何,都保持了颜色准确性。

33. 根据权利要求25所述的系统,其中,所述打印机配置为向所述多个单独层中的各个单独层的所述第一表面的至少一部分施加多种颜色。

34. 一种在彩色3D物体制造方法中使用的3D物体色域映射方法,包括:限定由多个表面形成的3D物体,在所述3D物体内对所述多个表面中的各个单独表面进行识别,以及,针对所述多个表面中所选择的表面,对所述3D物体的所有表面的总颜色强度进行归一化;所述方法应用在用于从多个层形成彩色3D物体的打印模块中,所述方法包括:对待打印的各层的表面朝向进行分析,以适应性地修改打印至该层的颜色,使得在组装所述多个层时,对所述3D物体的所有表面的总颜色强度进行归一化。

35. 根据权利要求34所述的方法,所述方法包括:为所述多个层中的各个层确定油墨。

36. 根据权利要求34或35所述的方法,所述方法包括:为所述多个层中的各个层确定介质类型。

37. 根据权利要求36所述的方法, 包括: 为所述多个层中的各个层确定油墨和介质组合。

38. 根据权利要求34或35所述的方法, 包括: 通过使用至少一个校准3D物体, 基于经验为所采用的各种油墨和/或介质类型确定映射函数。

39. 根据权利要求38所述的方法, 包括: 使用颜色测量装置和发光体对具有不同壁角度的若干3D试件进行测量, 并且, 在 0° 到 90° 的壁角度范围内, 绘制颜色强度与壁角度的关系曲线。

40. 根据权利要求39所述的方法, 其中, 所述颜色测量装置包括色度计。

41. 根据权利要求34或35所述的方法, 其中, 所述映射函数包括线性映射函数、多项式映射函数或不规则映射函数。

42. 根据权利要求41所述的方法, 包括: 当所述映射函数包括不规则映射函数时, 使用查找表(LUT)。

43. 根据权利要求34所述的方法, 其中, 适合的打印颜色包括在打印机油墨与所述多个层的本色之间的混色。

44. 根据权利要求34所述的方法, 所述方法用在LOM系统中。

45. 根据权利要求34所述的方法, 所述方法用在喷印或喷墨打印系统中。

利用3D色域映射进行彩色三维打印

技术领域

[0001] 本教导涉及用于快速原型 (RP) 的分层物体制造 (LOM) 系统, 尤其涉及一种用于在 LOM 系统中打印三维 (3D) 物体层以形成彩色 3D 物体的打印模块和 3D 物体色域映射方法。本教导还提供了一种用于该 LOM 系统中的油墨。

背景技术

[0002] 快速原型定义为受计算机控制的增材制造, 因为是通过增加材料而不是通过去除或减少材料的常规加工方法来制造物体。要理解, 术语“快速”是一个相对术语, 但是却是一个在本领域内具有特定含义的术语, 其原因在于, 构造一个三维物品成品要耗费几小时到几天不等, 具体取决于所采用的方法以及模型的大小和复杂度。已知的在快速原型领域内采用的方法有许多种。分层物体制造 (LOM) 是快速原型 (RP) 的其中一种形式, 涉及将涂有粘合剂的纸、塑料或金属层压板依次层叠, 然后将它们依次地粘结在一起并且用刀具或激光切割机切割成形。

[0003] LOM 类似于其他快速原型技术, 通常涉及到使用待制造的物体/零件的三维 (3D) 计算机辅助设计 (CAD), 由此在 CAD 软件包内生成立体光刻 (STL) 文件或其他适合格式的文件。对 STL 文件进行处理, 并且, 实际上沿着 Z 轴在与所采用的基底材料的厚度相匹配的厚度处将该文件切开。这样便形成了该零件的一系列横截面, 并且, 各横截面在任何特定的高度处均具有简单的二维 (2D) 轮廓。可采用仿形或切割设备来描画 2D 轮廓并由此在薄片原料上切割出形状。在 LOM 中, 可将各个单独薄片彼此上下堆叠和粘结, 以生成 3D 物体成品。仿形、堆叠和粘结工艺的顺序是可以互换的。

[0004] 彩色 3D 打印包括向在 3D 打印物品的制造中使用的各个层数字化地施加颜色。要求颜色在最终 3D 打印物品的以下各个表面上达到所要求的强度:

[0005] 前表面: 打印介质的最上表面;

[0006] 后表面: 打印介质的底侧表面;

[0007] 仿形边缘: 3D 物品中已经根据该层的数字轮廓进行切割的介质边缘。

[0008] 由于各个物体层的整个体积上均对颜色有所要求, 所以理想的情况是, 油墨在介质层 (诸如, 纸) 的整个厚度上被其吸收 (称为透墨或透印)。然而, 在常规彩色 3D 打印中, 油墨往往在介质的整个开孔孔隙度上都会出现渗透, 使得图像扩散出油墨与介质之间的初始接触区域。当仅从介质的一侧进行 3D 彩色打印时, 这个问题变得尤为突出。

[0009] 例如, 如图 1a 所示, 使用常规 3D 彩色打印机将颜色 80a 喷墨打印到介质 (诸如, 粉末层 120) 上是取决于仅从一侧进行的打印。在油墨吸收的过程中, 油墨 80a 扩散到粉末层 120 的厚度中并且继续扩散到比原始接触区域更宽的区域中, 如图 1b 所示。另外, 也没有物理障碍来阻止油墨继续扩散到目标层 120 之下的先前打印层 130 中, 这样可能会导致打印层之间出现互混, 如图 1b 所示。互混区域通过附图标记 80c 标出。油墨的扩散以及层之间的互混均会使图像清晰度下降, 即, 出现图像模糊和颜色漫射。图 1c 图示了包括漫射表面和颜色混合区域 80c 的物体成品。要理解, 该方案虽然在 3D 环境内提供了颜色, 但是却未提供最佳的解

决方案。此外,参考图1d,仅从介质层的一侧进行打印时,打印出彼此足够靠近的相邻点来确保没有介质层的区域出现漏印的情况是很有必要的,尤其是在下层表面上。将这些墨点集中在一起之后,它们随后在X和Y面内的渗色将会使得墨点发生聚合并产生混色,通常表现为棕色或黑色。为了避免颜色混合,必须降低打印密度,防止油墨之间互混,而这会使得表面的墨滴密度低于最佳的墨滴密度,如图1e所示。

[0010] 在常规喷墨打印的另一方面中,用施胶剂或填料对介质进行处理,从而通过减小可供油墨寻找到流动路径的孔隙率来使得介质在物理上不容易受到油墨从前打印侧迁移到介质后侧所带来的影响。表面施胶剂(施加至介质表面)可以是改性淀粉、明胶等水状胶体、或烷基烯酮二聚体,表面施胶剂为两亲水脂分子,亲水端面朝纤维素纤维,而疏水性尾端面向油墨朝外,由此形成了针对油墨流动和渗透的一定程度的斥水性和抗水性。喷墨打印中通常使用的油墨将水用作主要溶剂。

[0011] 在彩色3D打印中,理想的情况是,油墨完全地浸透介质,从而在三个维度对纸进行上色。那些适合于在常规LOM系统中使用的介质类型(诸如,纸)自身存在有限制。由于纸是由随机粘合的纤维层组成,所以由此断定,其结构可能具有不同的孔隙率。纸是一种高孔隙率的材料,内含有高达70%的空气。纸张的孔隙率是纸的吸湿性能的指标,或者说是特定纸张接受油墨或水的能力的指标。因此,在为LOM选择特定类型的纸时,重要的是要考虑介质的孔隙率。

[0012] 通常,用来对纸进行桌面喷墨打印的油墨为水基性油墨,其具有粘合剂以及提供颜色的染料或颜料。

[0013] 在形成了多个介质物体层之后,执行仿形和层粘结过程。将多个层粘结在一起,然后执行仿形或除杂过程,该过程包括:从打印的介质堆叠中去除不需要的支撑材料,使3D打印物体显露出来。通常情况下,在除杂过程中,执行该任务的技术人员在除杂期间去除不需要的层时必须观察计算机屏幕上的3D模型物体。

[0014] 在彩色3D打印中,各介质层都有三个刻面,即:水平前侧(朝上)、水平后侧(朝下)和仿形(切割)后的垂直壁。3D物体成品的各表面可能具有暴露于光线下的百分比不同的前/后/垂直表面区域。当与3D物体成角度的壁相比时,前/后表面之间的颜色强度可能会略有变化。

[0015] 这些变化可能取决于壁的刻面性质(垂直和水平表面的混合),并且取决于两个影响因素:

[0016] 1、从介质层两侧打印的油墨可能并没有均匀地渗透到介质层边缘的中心。这意味着,在由此产生的视觉效果中存在有介质层颜色的分量,这通常会使得色彩饱和度降低;

[0017] 2、介质层边缘形成的台阶所造成的阴影可能会使打印色彩变得更暗。然而,这是比较主观的因素并且可能是依视角以及光源与所考虑表面的角度而定。因此,假定光源和视角对于该表面来说都是正常的。在这种情况下,阴影不构成影响因素。

[0018] 图1f图示了相对于光源朝向的打印介质层1200的堆叠。水平的顶表面1200a和底表面1200b呈现给入射光,同时这些表面无刻面、光强度轮廓均匀。在图1g中,顶表面1200a朝向来与水平面呈 30° ,这样便呈现出了水平壁122(主要)和垂直壁124(包括位于台阶区域中的页面边缘)的混合,该台阶区域比平坦的无刻面表面反射更多的光。在图1h中,顶表面1200a朝向来与水平面呈 45° ,这可能会使水平壁122和垂直壁124的混合更加均等并且还使

每单位面积内出现台阶的频率更高。图1i示出了更加陡峭的壁(与水平面呈 60°)，这使得垂直壁124比水平壁122多并且也使得刻面增多。在图1j的最后一个示例中，表面完全是由垂直刻面组成，这些垂直刻面具有朝向来与其呈 90° 的光源。在图1j中，面朝入射光的表面具有与水平表面1200a和1200b不同的形貌并且是多层板结构。

[0019] 色域描述了可由装置或图像格式表示的视觉刺激的范围或者可由输入装置(诸如，摄像机或者甚至是观察人)感知的范围。常用的表示方式是如图1k中示出的CIE 1931 XY色度图。轴线表示XY颜色空间坐标，颜色波长描绘在色域的轨迹周围。较大的瓣形色域表示人类视觉感知的程度；还描绘了明显更小的示例性sRGB装置色域。由于采用了四种组分油墨与三刺激sRGB空间相对比，所以，用于彩色打印机的色域通常更小并且在形状方面更加不规则。当试图打印以常见的计算机显示器输出格式来表示的图像时，问题就会出现。大面积的显示器色域对于打印装置来说是不可用的，所以，色域映射的作用是将一个装置色域的颜色变换为另一个装置色域的颜色。一种简单的方法是保留两个色域共有的所有颜色，然后将输入色域的所有异常颜色重新映射到输出色域的最近边缘处。对于某些颜色而言，这可确保准确性，但是，对于其他颜色而言，这会将所有异常值沿着输出色域边缘映射至小颜色集合。由此产生的较差的视觉效果表明了，一般采用的是颜色准确性较差的其他方法。

[0020] 上述说明与应用于2D纸打印机、彩色显示器等的传统2D成像有关。当在颜色方面对3D制造领域加以考虑时，出现了针对以上映射的另一个维度，即，对某个物理取向或某些取向的可能的颜色相关性。这可能出现在基于分层物体制造(LOM)的使用纸的快速原型中，但是也可能出现在其他3D打印技术中。在这种情况下，由于油墨可能不会完全地渗透纸，所以出现了物理取向相关性。这意味着，对于在一个或两个纸表面上的饱和颜色来说，可能存在有与油墨相结合的纸颜色的分量，使得当从页面边缘观察时视觉效果发生了变化。

[0021] 在图11中，对于已经进行了双面着色的粘结纸堆叠而言，也存在有这种问题；由于油墨未充分渗透，所以，纸的基色仍然存在于页面厚度的中间。在所示出的 0° 视角上，这不是个问题，因为仅有纸的顶表面是可见的；效果与相同颜色的2D印物相同。然而，当从侧面观察或者在 90° 观察时，纸颜色分量便会从油墨还未渗透的轮廓部分开始发挥作用。视觉效果将会是在纸基色与打印的绿色之间的颜色混合：接近于原始打印颜色的去饱和版本的颜色。

[0022] 这种去饱和的效果可以是在某个部分的不同的角度刻面上颜色均匀性的明显断裂。

[0023] 因此，在用于快速原型的LOM系统中所采用的彩色3D打印过程存在有很多需要解决的问题。

发明内容

[0024] 这些问题和其他问题通过根据本教导提供的配置为执行彩色3D打印过程的分层物体制造(LOM)系统来解决。

[0025] 因此，本教导提供了一种在权利要求1中详细描述LOM系统。还提供了一种根据权利要求34所述的3D物体色域映射方法。进一步提供了一种根据权利要求46所述的计算机软件程序。在从属权利要求中提供了优势特征。

[0026] 参考附图,将更好地理解本发明的这些和其他特征。

附图说明

[0027] 现结合附图对本发明进行描述,其中:

[0028] 图1a是图示了根据常规过程将颜色喷墨打印至石膏层上的截面图;

[0029] 图1b图示了在常规过程中来自与上一层相互作用的当前打印层的油墨;

[0030] 图1c图示了使用常规过程得到的物体成品,其示出了漫射表面和颜色混合区域;

[0031] 图1d图示了仅在介质层的一侧上打印的常规过程;

[0032] 图1e图示了仅在介质层的一侧上打印色点的常规过程;

[0033] 图1f是具有水平顶表面和底表面、朝向入射光以至于不包括刻面并且具有均匀的光强度轮廓的介质层的堆叠的截面图;

[0034] 图1g是具有朝向来与水平面呈 30° 的顶表面的介质层的堆叠的截面图,该堆叠呈现了水平壁(主要)和垂直壁(包括:位于台阶区域中的页面边缘)的混合,该台阶区域比平坦的无刻面表面反射更多的光;

[0035] 图1h是具有朝向来与水平面呈 45° 的顶表面的介质层的堆叠的截面图,该堆叠使水平壁和垂直壁的混合更加均等并且使得每单位面积内的台阶的出现频率更高;

[0036] 图1i是具有朝向来与水平面呈 60° 的顶表面的介质层的堆叠的截面图,该堆叠使垂直壁比水平壁更多并且使刻面增多;

[0037] 图1j是完全由垂直刻面组成的介质层的堆叠的截面图;

[0038] 图1k图示了CIE 1931 XY色度图;

[0039] 图1l图示了其中的油墨尚未完全浸透这些层的整个厚度的彩色打印纸的堆叠;

[0040] 图2a是根据本教导实施例的分层物体制造(LOM)系统的框图;

[0041] 图2b是根据本教导另一实施例的分层物体制造(LOM)系统的框图;

[0042] 图2c是根据本教导实施例的分层物体制造(LOM)系统的框图;

[0043] 图3图示了根据本教导实施例的打印3D物体介质层的前侧图像的打印模块;

[0044] 图4图示了打印后侧(即,前面图像的镜像)的过程;

[0045] 图5图示了利用打印头滑架对进行的水平和垂直同时双面打印;

[0046] 图6图示了利用页宽阵列打印头进行的水平和垂直同时双面打印;

[0047] 图7是用于对齐前后图像的对齐装置的摄影图像;

[0048] 图8图示了前后图像对齐装置;

[0049] 图9a图示了以字母“M”的形式打印在介质层两侧并且未对齐的对齐装置;

[0050] 图9b图示了以字母“M”形式打印在介质层两侧并且完美对齐的对齐装置;

[0051] 图10图示了根据本教导实施例的从介质层的前侧沉积在介质层上的油墨;

[0052] 图11图示了根据本教导,如何沉积足够的油墨,以大致渗透介质层的一半;

[0053] 图12图示了根据本教导的实施例,在与前侧图像重合的位置处从后侧沉积到介质层上的油墨;

[0054] 图13图示了如何将从前侧图像和后侧图像吸收的油墨进行结合;

[0055] 图14图示了根据本教导的在粘结过程之后的两个预打印层;

[0056] 图15图示了在展示了去除不需要的介质的粘结和除杂过程之后的组合层的边缘

和颜色轮廓；

[0057] 图16图示了在除杂之后待形成的3D物体的平面图和截面图；以及

[0058] 图17图示了在打印之后和除杂之前的3D物体的平面图和横截面图；

[0059] 图18图示了进行部分除杂的物体，其示出了彩色影线；

[0060] 图19图示了根据本教导的在3D物体色域映射方法中采用的4D变换的示例的视觉表示；

[0061] 图20图示了根据本教导的在3D物体色域映射方法中的校准步骤中采用的八边形测试件的基本示例；

[0062] 图21是在除杂过程中的彩色3D物体的摄影图像；

[0063] 图22是在除杂之后的彩色3D物体的摄影图像。

具体实施方式

[0064] 下文将对根据本教导提供的分层物体制造 (LOM) 系统的示例性设置进行描述，以便理解本教导的益处。这些设置将理解为是可被提供的这类系统的示例，并不旨在将本教导局限为任何一种具体设置，在不脱离本教导的范围的情况下，可以对本文所述的设置进行各种修改。

[0065] 在本教导的一个方面中，提供了一种配置为将多个单独层组装形成彩色三维 (3D) 物体的分层物体制造 (LOM) 系统。在本教导的这些层为介质层的背景下，单独介质层可认为是不同的物理元件或实体。这样，这些单独介质层可单独地挑选和放置或者在系统内运输。在另一配置中，这些层可在 (例如) 使用石膏材料建立3D物体期间现场形成。这些层可单独地进行辨认，但是直到物体建立之后方可形成。

[0066] 该系统可包括打印机，其配置为对多个层中的各个层的第一表面的至少一部分进行彩色打印。在这些层是介质层的情况下，该系统可进一步包括校对机，其配置为将多个单独介质层组装形成3D物体。各单独介质层可以单独地或独立地打印。

[0067] 可提供一种用于打印形成3D物体的3D物体介质层的打印模块。本教导还提供了一种LOM系统，其包括打印模块以及仿形和层粘结模块，该仿形和层粘结模块用于切割单独3D物体介质层，并且将单独层粘结在一起，形成3D物体成品。还提供了一种用于对3D物体介质层的所有表面的总颜色强度进行归一化的3D物体色域映射方法。还提供了一种用于彩色3D打印的油墨。本教导还提供了一种用于在各个层上打印附加信息的彩色3D胶印过程。该信息向仿形和层粘结模块提供纠错和构建指令，用于对彩色打印层的堆叠进行成型切割。

[0068] 打印模块可以是与校对机物理上分离的处理模块，该模块通常构成了LOM设置的一部分。该示例在我们的共同转让申请PCT/EP2008/66473中有述。在一个实施例中，打印模块可包括喷墨打印机，其配备有双面模块，从而在介质的背面上进行打印时自动将介质倒转。打印机可配置为在核对之前施加颜色。也可在核对过程中施加颜色。通过使用不同的油墨来施加颜色。校对机可包括粘结模块，其配置为将多个介质层中的各个单独介质层粘结在一起。粘结模块可配置为使用水基粘合剂。打印机可配置为在介质层的第一和第二表面上进行打印。在第一和第二表面上进行打印在操作上减少了图像渗色，并且，无论物体的表面的角度如何，都保持了颜色准确性。打印机可配置为向多个单独介质层中的一个或多个单独介质层的一个或多个表面施加多种颜色。校对机可包括仿形模块，其配置为对多个介

质层中的各个单独介质层进行仿形处理,以在3D物体内实现所需的3D形状。仿形模块和粘结模块可集成在单个仿形和层粘结模块中。

[0069] 合适的打印机可包括具有大容量输入和输出托盘且双面单元作为标准配置的办公打印机。打印模块100也可集成在仿形和层粘结模块中,从而在仿形和粘结过程之前进行彩色打印。

[0070] 根据本教导,可对在打印模块内利用的打印油墨进行优化,使其能渗透大多数纤维素介质类型。下面将描述这种油墨的示例。现将详细描述彩色打印过程。

[0071] 根据本教导,由单独介质层的堆叠形成3D物体成品,对这些单独介质层进行组装和仿形,从而形成所需的最终几何形状。在优选设置中,单独介质层为基于纤维素的纸张,可在组装设置之前对这些纸张进行打印或处理。因此,可对多个3D物体介质层(诸如,示例性的基于纤维素的纸)进行打印,进而为形成彩色3D打印物品成品做好准备。用于彩色3D打印物品的整个层堆叠可在打印模块中进行离线双面打印,此后,可将经过打印的堆叠加载到仿形和层粘结模块中,而在该仿形和层粘结模块中,可对各个打印层进行仿形并将其粘结在一起完成彩色3D打印物品的制造。

[0072] 图2a是根据本教导的一个实施例的LOM系统500的框图。参考图2a,LOM系统500可包括3D彩色打印模块510、进纸机构520以及仿形和层粘结模块530。本实施例中的这些层是介质层,此外,这些层是介质的一种具体形式(纸)。在将纸经由进纸机构520进给到仿形和层粘结模块530中之前,可在3D彩色打印模块510中对纸进行双面打印,以产生完整的彩色3D物体。在图2b中,可将纸经由进纸机构520进给到3D彩色打印模块510中,然后在仿形和层粘结模块530中对纸进行仿形并且将其粘结在一起,以产生完整的彩色3D物体。仿形和层粘结模块530可分别包括分开的仿形和层粘结模块。在图2c中,可将纸经由进纸机构520进给到集成式3D彩色打印、仿形和粘结模块540中,该模块540执行打印、仿形和粘结过程,从而产生完整的彩色3D物体。在图2c的实施例中,仅在介质的一侧上执行打印。

[0073] 图3图示了根据本教导实施例的用于打印3D物体介质层的打印模块100。打印模块100可配置为向介质层的两侧提供颜色施加。因此,所输送的颜色将从两侧开始迁移,这与仅从一侧施加颜色的技术有所不同。为了实现这种从两侧对介质进行的上色,可生成包含了用于3D物体的图像、轮廓和颜色信息的数字打印文件。然后,将该数字打印文件发送或加载至打印模块100。针对最终堆叠的每一层,数字打印文件可包括一系列前侧后侧图像对。打印文件的颜色部分可包括用于所有待打印的介质层的前侧和后侧的数字彩色图像信息。在数字文件中,各前表面-后表面-前表面图像序列可彼此对齐。数据集也可包括可打印到介质上的物理前表面-后表面对齐特征,这些特征使得人类与机器可读的对齐验证试验得以实行,进而确保在打印运行过程中保持前后对齐。

[0074] 打印模块100通常包括具有特定区域的外壳,并且可加载有足以进行打印任务的介质坯料库存。如上所详细描述,介质可包括纸。介质后边缘(或尾边缘)和右侧边缘可在纸盘中准确对齐,以确保能够再现进纸期间的介质位置。图3图示了根据本教导实施例的使用打印模块100对前表面图像进行的打印。参考图3,打印模块100可配置为对纸进行打印并且可包括打印头滑架10、四个颜色头20、进纸辊和进纸机构(未示出)、以及用于将介质倒转的双面单元30。这种配置及其修改将是打印机领域中的技术人员所熟悉的。

[0075] 介质堆叠可逐层或逐个纸页地进行打印,而各个层的第一和第二表面可以同时地

进行彩色打印,也可以顺序地进行彩色打印。各个层的第一和第二表面可彼此相对。该层的第一表面可以是该层的前平坦表面,而该层的第二表面可以是后平坦表面。可通过进纸辊将介质引入打印模块中,然后将其回卷或通过进纸机构将其朝着打印模块100的前方运输。然后,可将介质呈现给往复运动的打印头滑架、沉积一种或多种油墨颜色的固定页宽打印杆,这些油墨颜色随后可打印前表面图像。一旦打印了前表面图像,进纸辊可换向并且将介质层拉入双面单元30中,该双面单元30使得介质向后翻动并且将需要打印的后表面呈现给颜色头20。打印在后表面上的图像可以是前表面图像的镜像。图4是图示了对已经打印了前表面的物体介质层的后表面图像进行打印的过程的示意图。

[0076] 前述示例论述了采用在打印期间扫描介质层的整个宽度的单个打印头滑架所进行的双面(双侧面)打印,之后,采用将介质层倒转的双面单元在介质层的底侧上进行打印。也可采用其他配置。例如,作为替代方案,可使用页宽阵列打印头,而不是扫描打印头滑架。在本设置中,将会理解的是,唯一的移动机构是介质进给辊。另一实施例省却了双面单元并且采用了分别同时在介质层的两侧上进行打印的两个扫描滑架或两个页宽阵列打印头。该方法的优点在于,由于介质进给机构基本上简化为平坦的介质进给路径并且两个打印头的移动可通过共用相同的位移编码系统而互相锁定,所以,消除了顶部图像与底部图像之间的机械误配误差。

[0077] 如图5所示,当介质物体层设置在打印模块中的水平或垂直平面中时,可执行打印。在本实施例中,分别在介质层的第一和第二表面处使用上打印头滑架和下打印头滑架。图6图示了用于水平或垂直同时双面打印的页宽阵列打印头110。同样,打印头可集成在仿形和层粘结模块中,并且可作为单个阶段过程在进纸过程与仿形和层粘结过程之间运行。

[0078] 可对测试双面印物进行打印并且通过照射介质的后部来检查其前后图像的对齐,从而使后图像轮廓可被照射并重叠在前表面图像上。也可在物体介质层的两侧上使用对齐装置(诸如,十字准线),从而使得操作者能够判断需要对前后图像进行多大程度的调节才能确保两个图像正确地对齐。

[0079] 为了使双面胶印的介质层在介质层堆叠的后续仿形和粘结期间逐层地彼此准确对齐,在仿形和粘结模块530上的传感器可对打印介质层的上表面或下表面上的打印基线进行读取,并利用该基线的位置信息来使该模块能够移动并将当前介质层定位来在位置上与先前打印的介质层相重合。

[0080] 图7是可用于对齐前后图像的对齐装置50的示例的摄影图像。对齐装置可设计为当两侧上的图像重合且没有出现未对齐时进行对齐,以形成十字准线。在图8中,右上象限打印在介质层的前面,而左下象限打印在介质层的后面。参考图8,前图像的位置太靠近右侧并且比后图像高。在各个装置50中的垂直线和水平线均未正确对齐。如图9a所示,字母“M”已经打印在介质层的两侧上并且未对齐。当对齐装置处于完美对齐的状态时,前图像和后镜像完美重叠,如图9b所示。

[0081] 上述方法包括:将颜色预打印(胶印)在3D物体介质层的两侧上。在形成了多个此类层之后,将这些层粘结在一起并且对其进行仿形以完成彩色3D打印物体的形成。仿形过程可包括:根据预定图案切割这些层。

[0082] 根据本教导的具体实施例,采用足以分别大致地渗透介质层两侧的一半厚度的油墨,从介质层的两侧进行打印。图10图示了沉积到介质层120的前表面90上的油墨80。可沉

积足够的油墨80来大致地渗透一半介质层120,如图11所示。在打印期间,一旦油墨与介质接触,油墨便开始在介质的平面中(方向X和Y)由介质在三个维度上进行吸收并渗透介质的厚度。因而,打印的点像素的大小随着时间从初始表面接触维度增大。通过在介质的两侧上进行打印,将点大小的这种扩散减小到约为图像扩散的一半的值。希望从一侧透印整个介质厚度层。同样地,可采用双面打印同时将油墨80沉积在介质层120的后表面95上,或者,使用双面单元在将介质层120倒转之后将油墨80沉积在介质层120的后表面95上,如上所述。图12中图示了该步骤。根据本教导,前后图像可配置来重合,并创建出透印区域85。如图13所示,透印区域是指介质层120所在区域的整个厚度包括有油墨。

[0083] 参考图2b,在打印模块100中已经将这类介质层的堆叠打印之后,可将堆叠转移至仿形和层粘结模块530中。如图2c所示,可以在已经组装好的单独介质层的堆叠上进行打印。虽然未在图中示出,但是,也可以单独地对双面介质层进行胶印,随后立即将它们进给到仿形和层粘结模块530中。

[0084] 可将第一层放在仿形和层粘结模块530上,并且可利用受计算机控制的刀片对该层进行成型切割。相较于单独使用喷墨打印所实现的参差不齐的液体流动边缘,这种切割可提供精确的颜色边缘清晰度。之后,可将下一层定位并粘结在前一层的顶部,然后进行成型切割。该过程继续进行,直到所有预打印层都已经在仿形和层粘结模块530中粘结在一起并且进行了成型切割为止。图14图示了粘结后的两个预打印层120和130,而图15图示了在粘结和仿形或除杂之后的两个层120和130的边缘和颜色轮廓。仿形过程,或者是除杂过程,包括移除不需要的介质层部分。

[0085] 上述彩色3D打印过程提供了多种优点。当同时从两侧打印介质层时,所发生的图像扩散会更少,由此提供了更好的图像特征维度控制。在打印层之间无颜色交互发生,这确保了所需图像的逼真度。胶印能够使实体(例如,上述打印模块)在远离进行层的仿形和层压的地方进行打印。这样做带来了众多优点,诸如,在3D层组装之前进行原型制作和颜色调节(如下面将描述的)以及在仿形和粘结中能够充分利用仿形和层粘结模块530。

[0086] 本教导还提供了一种3D物体色域映射方法,其对待打印的表面的朝向进行分析,从而适应性地打印出其强度使得所有表面的总强度归一化的颜色。如上面所提及的,可将3D物体的各个层彩色打印在重合位置处的一侧或两侧上,从而形成透印区域。各个层存在有三个刻面,即:水平前侧(朝上)、水平后侧(朝下)和成型(切割)后的垂直壁。还将理解的是,3D物体成品的各表面可具有暴露于光线下的百分比不同的前/后/垂直表面。

[0087] 为了对此进行补偿,根据本实施例的方法包括:对待打印的层的表面朝向进行分析,以适应性地修改打印至该层的颜色。该方法可配置为:在组装多个层时,使得3D物体的所有表面的总强度归一化。该过程暗示了要进行进一步的色域映射,该色域映射包括附加的维度,即:相对于分层方向的角度。由于色域映射通常已经是三维变换,所以,新的操作最多是四维的:三基色(如RGB)+角度。

[0088] 图19中示出了4D变换的示例的视觉表示。标示为附图标记700的XY色度图的图形用于表示输入和输出色域,这已经是让该图示变成可能的3D空间的2D可视化。三角形710是原始2D打印机色域的表示,而三角形720是取决于角度而映射的输出色域。虽然本领域中的技术人员将会理解的是,在可能的输入角度范围内可能存在有输出色域值的连续性,但是,仍然在0°、45°和90°处示出了三个离散的输出色域图形。

[0089] 例如,对输入颜色空间进行取值并映射至 0° 刻面可能意味着可以打印该值的去饱和版本,由此暗示输出色域会更小;另一方面,映射至 90° 刻面可能意味着可以将完全饱和的颜色打印在纸上,但是,该颜色可随即通过上述仿形处理进行去饱和处理。之后,两个输出均可向观察者呈现相同的视觉效果。

[0090] 该方法可包括:限定由多个表面形成的3D物体,在3D物体对多个表面中的各个单独表面进行识别,以及,针对多个表面中所选择的表面,对3D物体的所有表面的总颜色强度进行归一化。该方法可应用在用于从多个层形成彩色3D物体的打印模块中,并且可包括:对待打印的各个层的表面朝向进行分析,以适应性地修改打印至该层的颜色。该方法可配置为:在组装多个层时,对3D物体的所有表面的总颜色强度进行归一化。

[0091] 该方法可包括:确定将在多个层中的各个层上使用的油墨。该方法还可包括:为多个层中的各个层确定介质类型。由此,可以为多个层中的各个层确定介质和油墨组合。然后,可根据至少一个校准3D物体,基于经验为所采用的各种油墨和/或介质类型确定映射函数。该至少一个校准3D物体可包括若干3D试件。

[0092] 通过采用色度计来对若干具有不同壁角度的3D试件进行测量以及通过在 0° 到 90° 的壁角度范围内绘制颜色强度与壁角度的关系曲线,可为所采用的各种油墨和/或介质类型确定映射函数。这种技术在若干不同的应用中都是比较有利的。例如,如果由于上述去饱和的缘故,垂直表面的原始颜色强度测得是水平表面的原始颜色强度的80%,那么,映射过程可将水平表面的强度降低20%,从而为正交3D形状形成均匀的颜色强度。

[0093] 就常规2D色域映射来说,映射函数可能具有可从所测得的数据处获知的不同的复杂度——这可能就限定了如何能在软件中实现函数。

[0094] 实际的变换可根据输入颜色空间坐标和用于各输出颜色坐标的刻面角度来进行描述,由下面的等式1-3表示,其中,X值表示输入颜色空间的维度,而Y值表示输出空间:

$$[0095] \quad Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3, \theta) \quad \text{Eq. 1}$$

$$[0096] \quad Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3, \theta) \quad \text{Eq. 2}$$

$$[0097] \quad Y_3 = f_3(X_1, X_2, X_3, \theta) \quad \text{Eq. 3}$$

[0098] 对于输入和输出均采用RGB颜色空间以及刻面角度 θ 的具体示例来说,用于生成红色输出的函数将转化为等式4-6中给出的函数:

$$[0099] \quad R_o = f_r(R_i, G_i, B_i, \theta) \quad \text{Eq. 4}$$

$$[0100] \quad G_o = f_g(R_i, G_i, B_i, \theta) \quad \text{Eq. 5}$$

$$[0101] \quad B_o = f_b(R_i, G_i, B_i, \theta) \quad \text{Eq. 6}$$

[0102] 所采用的实际函数对于正接受审查的制造技术以及该技术是如何随着角度变化来改变颜色来说是特定的。从最不复杂到最复杂,以下方法中的任何一种都可以采用,尽管将会理解的是,本教导不应视为局限于这些示例性设置:

[0103] 1、线性关系:这其实就是,所有测定值均处于同一直线上并且通过根据角度将尺度系数应用至原始数据值而得到。可将固定四维尺度应用至可通过等式7-9描述的输入坐标。值 $[a \cdots p]$ 是得自颜色校准的常数。

$$[0104] \quad Y_1 = aX_1 + bX_2 + cX_3 + d\theta + e \quad \text{Eq. 7}$$

$$[0105] \quad Y_2 = fX_1 + gX_2 + hX_3 + i\theta + j \quad \text{Eq. 8}$$

$$[0106] \quad Y_3 = kX_1 + mX_2 + nX_3 + o\theta + p \quad \text{Eq. 9}$$

[0107] 2、多项式：如果关系比较复杂以至于不能通过线性变换进行描述，但是仍然通过连续函数进行了表示，那么，可采用多项式变换。为了简洁起见，在描述了三阶多项式的等式10中仅给出了一个颜色输出 Y_1 。可将所选择的多项式函数应用至原始数据，得出映射值。值 $[a \cdots n]$ 也是得自颜色校准的常数，但是这些常数与等式7-9中的常数无关。

$$[0108] \quad Y_1 = aX_1 + bX_1^2 + cX_1^3 + dX_2 + eX_2^2 + fX_2^3 + gX_3 + hX_3^2 + iX_3^3 + j\theta + k\theta^2 + m\theta^3 + n \quad \text{Eq. 10}$$

[0109] 必须指出的是，线性变换只是多项式方法的一阶实现。显然，对于更高阶的多项式而言，这可能就会变得不实用。

[0110] 3、不规则：在这种情况下，函数可能不是平滑函数或者可能具有大量的拐点。由于多项式近似可能太过于复杂，所以可能需要使用查找表(LUT)。这可能还需要更多的测量数据来完整地定义该表。在这种情况下，将 $[X_1, X_2, X_3, \theta]$ 中的各个四元组直接映射到用于 $[Y_1, Y_2, Y_3]$ 中每一个的不同的存储输出值。这些值可通过校准推导得出并存储在计算机存储器中。例如，如果各个值 $[X_1, X_2, X_3, \theta]$ 以及输出坐标是由八位组成，那么维度因子可能会发挥作用，由此产生的LUT针对三个输出中的每一个来说，其大小可能需要是~4.3MB。实际上，在校准阶段也不太可能收集到这种程度的数据量，所以，一种更加现实的方法可能就是：将用于LUT的数量足够的数据点聚集起来，以提供可接受的误差容限，然后在四维中于这些数据点之间进行插值来产生所需要的值。插值方案可以是线性插值、样条插值或任何其他所需的方法。

[0111] 回到在LOM设备中的白纸上进行彩色打印的示例，背景颜色可以是近乎白色或接近中性色。在这种情况下就有可能实施更加简单的仅修改饱和值的变换方法。对于颜色空间(诸如，RGB)，由于饱和调节需要对所有三个颜色值(即，减少所有R、G和B，以降低颜色饱和度)进行修改，所以，该方法并未有着多大优势。然而，也存在有采用饱和度作为其中一个坐标的颜色空间，例如，HSV(色调-饱和度-值)和HSL(色调-饱和度-亮度)。如果采用了这些空间中的其中一个空间，那么该变换就变成了二维函数。例如，对于HSV的情况，H值和V值仅仅是从输入到输出图像的复制，并且，如等式11所述，仅对S进行了变换。

$$[0112] \quad S_o = g(S_i, \theta) \quad \text{Eq. 11}$$

[0113] 如上所述，此处所采用的函数 g 可再次以多项式、LUT等来实现，但是优点在于仅进行了单次变换并且维度更低。

[0114] 如上所述，为了描述3D色域映射函数的特征，校准步骤中要求有所采用的3D制造过程。在该过程中，可将一系列样品颜色打印在其刻面具有不同的角度的测试件上。在这些测试件上都没有采用颜色修改，从而可测得不同角度对不同颜色的影响。然后，可采用颜色测量装置从各刻面读取结果。颜色测量装置可以是与发光体(如D65)一起使用的色度计，或者，为了获得准确性更低的结果，甚至可以是简易的平板扫描仪。图20中示出了八边形测试件的基本示例，尽管可能需要更多的数据点，但是该示例可提供针对 0° 、 45° 和 90° 的颜色值。

[0115] 在已经聚集了足够的校准数据之后，可能需要进行一些初步分析，以选择出映射函数。例如，如果仅对饱和度进行修改，那么，可使用如上所述的简单二维变换。同样，也可通过对数据进行检查并且(可能的话)曲线拟合至一个多项式来选择出映射函数；作为替代方案，可将原始数据插入LUT中，该LUT稍后可为具体值进行插值。在选择映射函数时，所要求的颜色准确度也可是一个应用依赖型选择因子。

[0116] 已经详细描述示例应用是基于纸的LOM类型制造的应用,其中,对物理介质进行仿形处理改变了颜色的可视效果。然而,可将3D色域映射过程应用到大多数用于对3D制造物体上色的方法中,而在这些方法中,在表面的角度与所施加的颜色之间存在相关性。另一个示例是将物体成品喷涂或喷墨打印到不同的角度表面上。由于墨滴或颜料滴可能会受到重力影响,例如,向上喷涂到底表面上可能会比向下喷涂到顶表面上带来更少的油墨。在这种情况下,也可应用色域映射来实现正常的效果。

[0117] 在根据本教导提供的一个配置中,3D物体色域映射方法可由集成在根据本教导的打印模块中的3D物体色域映射引擎来执行。如上面所提及的,可使用软件方案来实施3D物体色域映射引擎。在计算机或计算机网络上执行的计算机软件程序可执行上述3D物体色域映射方法。该程序可存储在计算机中的合适计算机可读介质上。3D物体色域映射引擎可配置为与仿形模块接口连接,从而可操作地识别3D物体的单独边缘表面,并且选择性地对这些边缘表面实行颜色施加。仿形模块配置为对多个介质层中的各个单独介质层进行仿形处理,以在3D物体内实现所需的3D形状。

[0118] 计算机可读介质可以是可移除存储装置或不可移除存储装置,例如,记忆卡、磁盘驱动、磁带驱动以及在磁性介质和光学介质上进行记忆存储和检索的光学驱动。存储介质可包括可移除的和不可移除的易失性介质和非易失性介质,并且可在众多配置中的任何一个中提供,例如,RAM、ROM、EEPROM、闪存、DC-ROM、DVD、或其他光学存储介质、磁带盒、磁盘、或其他磁性存储装置、或任何其他存储器技术或可用于存储数据并且可由处理单元存取的介质。上述3D物体色域映射方法可采用任何用于数据存储的方法或技术(例如,计算机可读指令、数据结构和程序模块)存储在存储装置上。存储装置可以是上述打印模块或LOM系统的一部分。

[0119] 本教导还提供了介质(例如,纸)和针对3D彩色打印进行优化的油墨。根据本教导的实施例,用于3D彩色打印的介质可设计为在介质主体中有着浓度降低的施胶剂并且在介质的两个表面上有着浓度降低的施胶剂。

[0120] 此外,在制造期间或者制造之后,可将非离子表面活性剂的溶液作为后处理表面喷剂对介质进行处理,比如,乙氧基化的2,4,7,9-四甲基-5-癸炔-4,7-二醇,其是一种乙氧基化炔二醇,在水中时浓度介于0.1%到1.0%之间。

[0121] 当介质以这种方式构成并且用水基和染料着色剂喷墨油墨(或者,水与水中的乙醇的混合物)进行打印时,油墨流体可快速地被介质吸收并且快速地渗透介质的厚度。

[0122] 关于在彩色3D打印中使用的油墨,本教导提供了一种设计为易于接受的并且在介质的整个厚度上易于被介质吸收的油墨。这可通过添加可减小油墨表面张力的表面活性剂来实现,进一步地确保了油墨能够渗透大多数的纤维素介质类型。这对于常规桌面喷墨打印而言是违背直觉的,在常规桌面喷墨打印中,理想的情况是:基本上保持颜色仅渗透介质的表面,而使得介质的主体中无油墨。油墨组成可包括非离子表面活性剂,如乙氧基化的2,4,7,9-四甲基-5-癸炔-4,7-二醇,其是一种乙氧基化炔二醇,在油墨中的浓度介于0.1%到1.0%之间。油墨组成中的其余成分可包括:水(75%-85%)、水溶性染料(达到5%)、如甘油酯等湿润剂(达到5%)、抗菌剂和乙醇(达到8%)。常规2D喷墨油墨的表面张力为34-38 dynes/cm;然而,根据本教导,对于3D打印,理想的情况是将油墨的表面张力减小到低于30 dynes/cm。本发明人已经示出了通过添加1%的乙氧基化炔二醇来将油墨的表面张力减小到约为26

dynes/cm的值,使得油墨能够快速地被纸吸收。

[0123] 在3D彩色胶印过程期间,可将附加信息打印到各个层的页边空白中,以提供纠错和构建指令。各个打印层可包括可由仿形模块读取并且核实待进行仿形处理的该层处于正确的序列中的序列码。各个打印层可包括将序列中的介质类型告知予仿形模块的代码。介质是指在3D制造过程中使用的基板,可以是纤维素纸。然而,其他介质类型也可采用,并且可包括:聚合物膜、金属箔、陶瓷粉末浸渍的纸张、金属粉末浸渍的纸张、聚合物粉末浸渍的纸张、水溶性纸以及由石蜡制成的基板。代码可通知仿形铣床,特定层要求不同的仿形过程方案(例如,更慢的切割,或者由于厚度更厚或难以切割的介质类型而进行的更深的切割)。例如,代码可通知仿形铣床,接下来的三层具有相同的轮廓。并且通知其执行多层切割。介质也可包括介质对齐标记,这些介质对齐标记通知仿形铣床如何将各介质层相对于仿形铣床台对齐。

[0124] 根据本教导,在打印的3D物体构建中可能存在两个材料区域:

[0125] a) 粘结区域---在该区域中的介质层可牢固地粘结在一起。成品物体可由这些层构成;

[0126] b) 粘性区域---在该区域中的介质层可以是临时支撑层。这些层可以不牢固地粘结在一起(粘性),这样,当从打印介质堆叠中去除不需要的支撑材料以使3D打印物体显露出来时,这些层可在除杂期间轻易地分开。

[0127] 针对接近粘结区域的若干层,可以对粘性区域中的材料进行彩色编码。这种彩色编码可以是红色交叉影线区,由于永久粘结层位于这些彩色影线区之下,所以,这些彩色影线区在除杂期间指导除杂技术人员小心地进行除杂。图16图示了在除杂之后待形成的3D物体的平面图和横截面图。3D物体可包括多个彩色3D介质层120。图17图示了在打印之后且在除杂之前的3D物体的平面图和横截面图。3D物体可包括多个介质物体层,各介质物体层包括粘结区域127和粘性区域128。在粘性区域中的若干层可打印有交叉影线图案。在3D打印过程中,粘性区域可与3D打印物体一起打印,从而使得在3D物体的粘结层之上的若干粘性层可打印有交叉影线图案,以表明实体物体就在旁边。在打印之后,3D物体和粘性废料(包含交叉影线材料层)可能会共同存在于一个粘性和粘结介质层的完整块中。

[0128] 在除杂期间可将未标记的粘性层剥离。当到达彩色交叉影线区域时,除杂技术人员可以小心进行操作,直到到达实体物体为止。图18示出了随着粘性材料的去除而显露出来的实体3D打印金字塔结构。在图18中,交叉影线区域由更暗的阴影区域表示。这些区域可以小心地去除。可使用颜色代码和/或其他标记来指示构建物体的邻近区域。图19是在除杂过程中的彩色3D物体的示例的摄影图像,而图20是在已经执行了除杂之后的完整彩色3D物体的摄影图像。显然,借助着色过程将目标3D物体从切割区域划开,能够确保在去除粘性材料期间不会损坏最终的3D物体。

[0129] 本领域中的技术人员将会理解,上述彩色打印过程可在独立于仿形和层粘结模块的模块中执行。然而,作为替代方案,打印模块可集成在仿形和层粘结模块中,从而可首先执行彩色打印过程,然后再是粘结和仿形。在本实施例中,打印过程不是胶印,相反,该打印过程集成在组装过程中。本教导进一步提供了一种包括打印模块和分离的仿形和层粘结模块的LOM系统,其用于切割单独3D物体介质层并将这些单独层粘结在一起形成3D物体成品。在这种情况下,彩色打印相对于粘结和仿形来说就是“胶版”打印。同样,将会理解的是,根

据本教导的油墨可用在打印模块中。进一步地,如上所述,3D物体色域映射方法可在根据本教导的打印模块或LOM系统中执行。

[0130] 在本说明书中使用时,术语“包括(comprises/comprising)”是指存在所陈述的特征、整体、步骤或部件,但并不排除存在或添加一个或多个其他特征、整体、步骤、部件或其组合。

[0131] 尽管已经参考某些示例性设置对本发明进行了描述,但是,将会理解的是,并不旨在将本发明的教导局限于这类设置,因为,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以做出修改。这样,将会理解的是,本发明只有在根据所附权利要求视为必要时才受到限制。

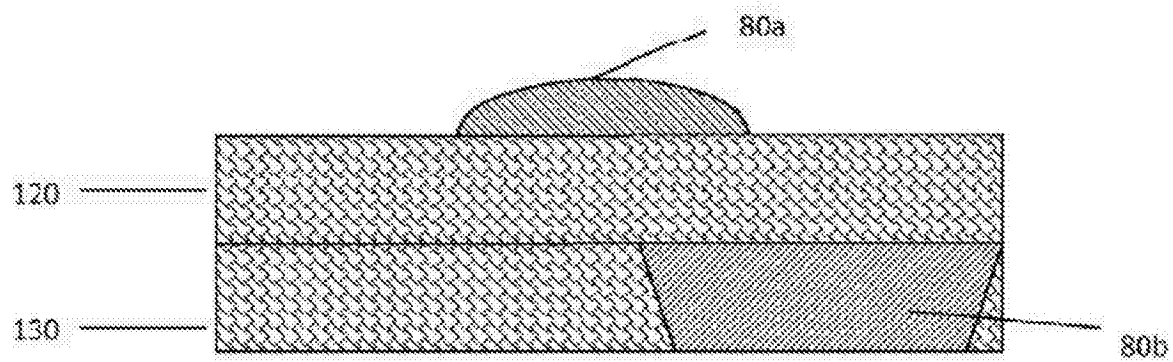


图 1a

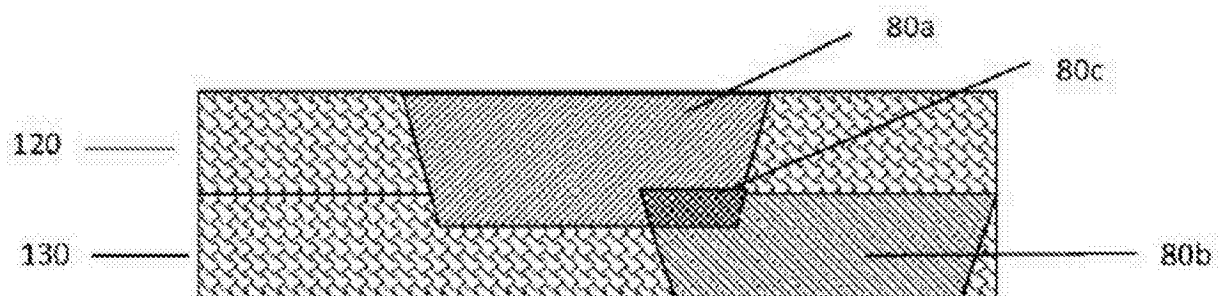


图 1b

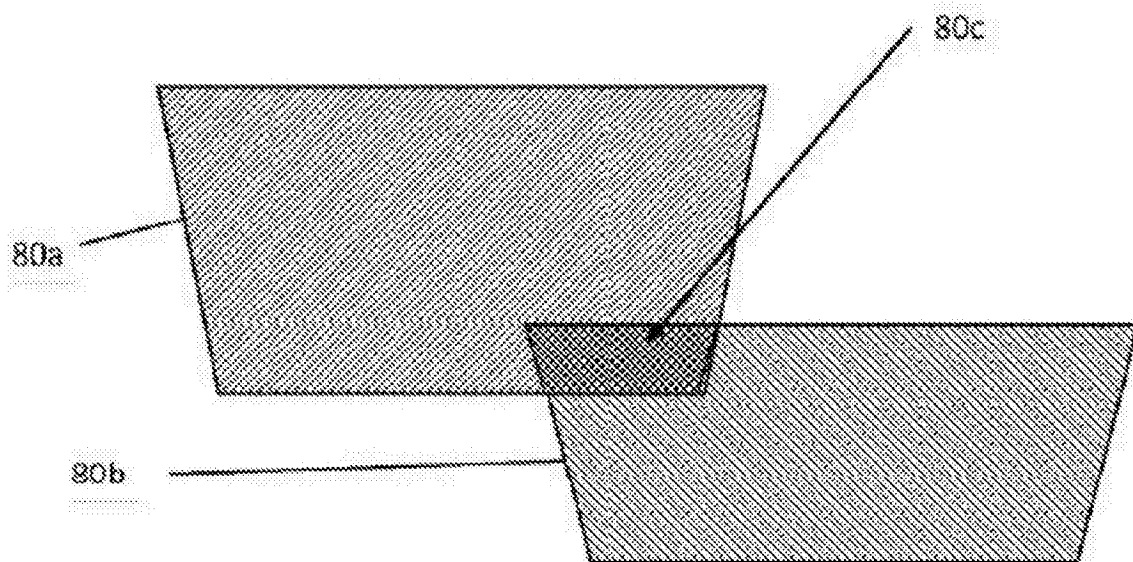


图 1c

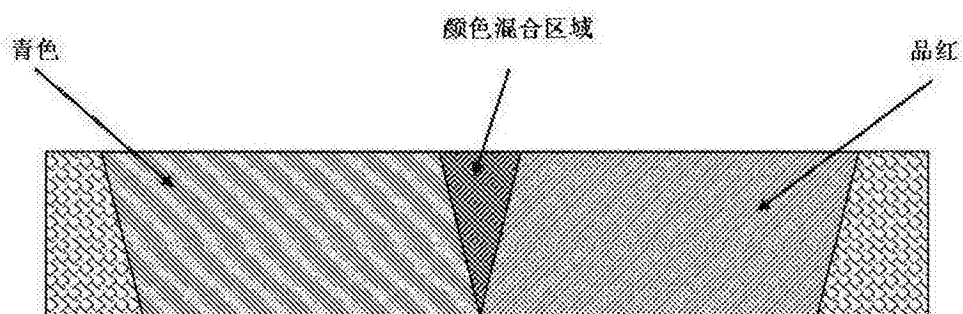
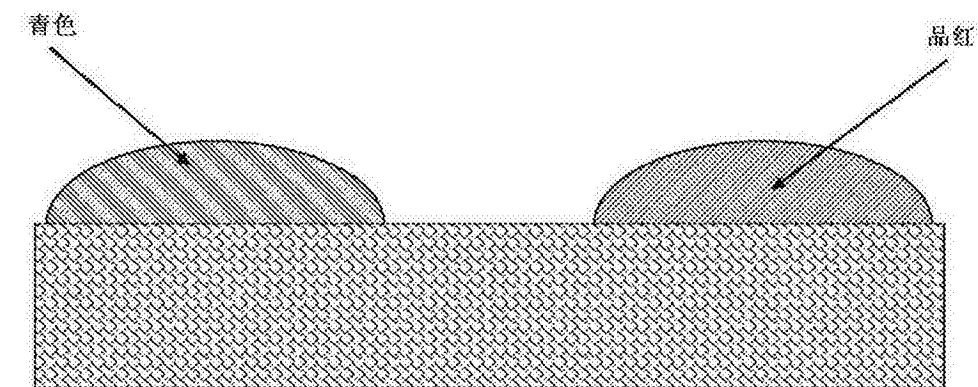


图 1d

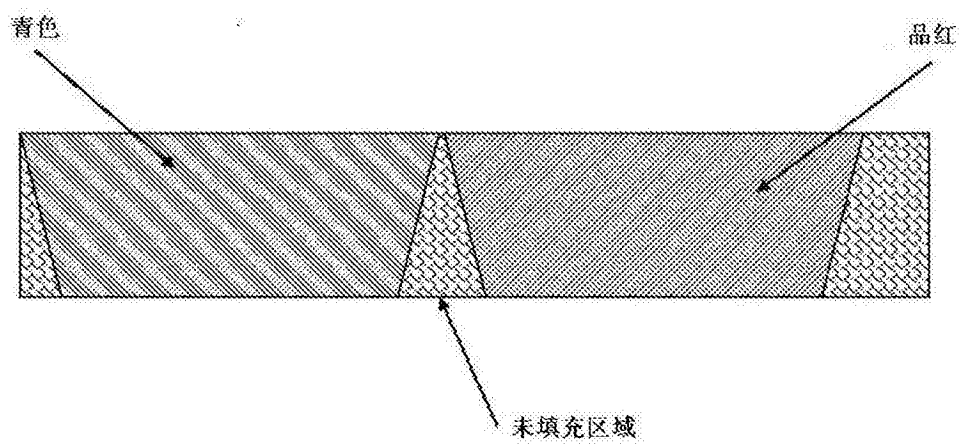


图 1e

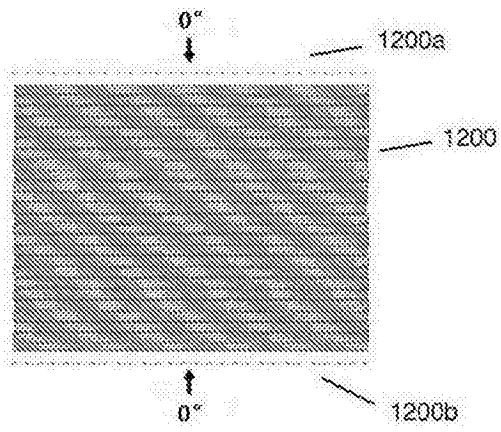


图 1f

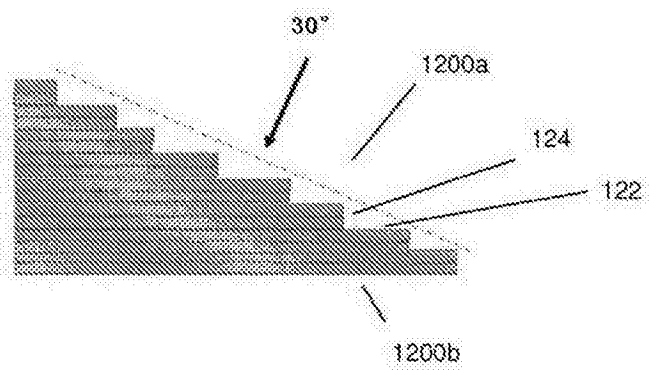


图 1g

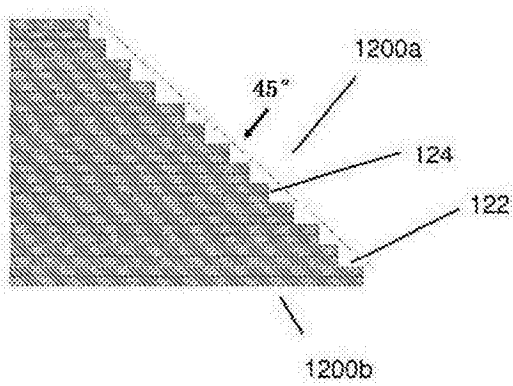


图 1h

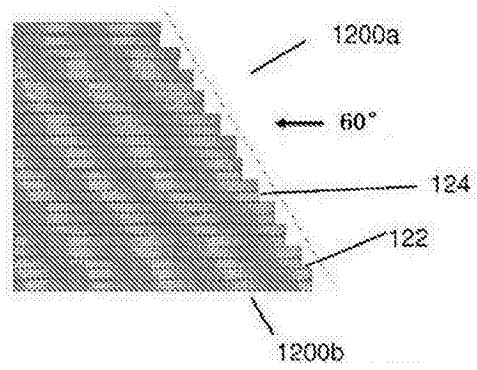


图 1i

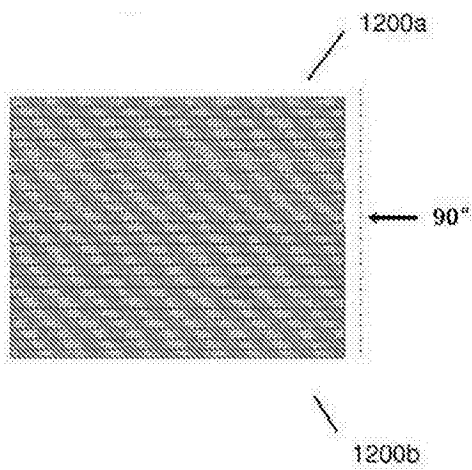


图 1j

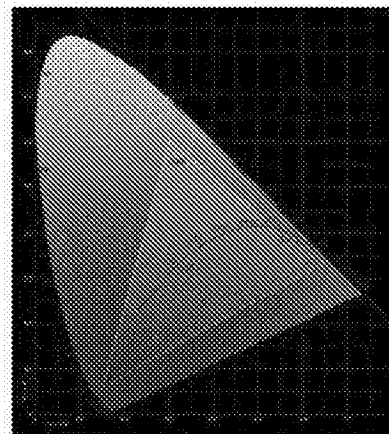


图 1k

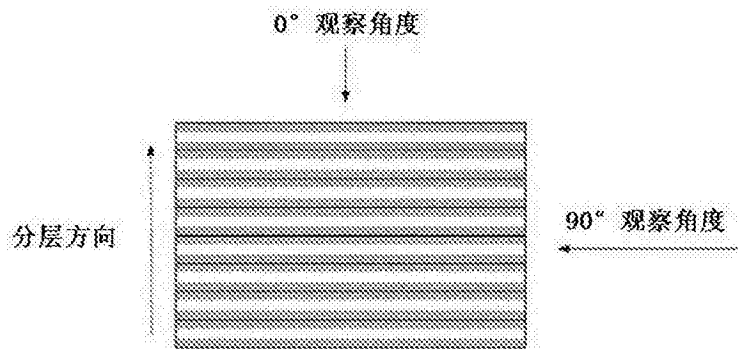


图 11

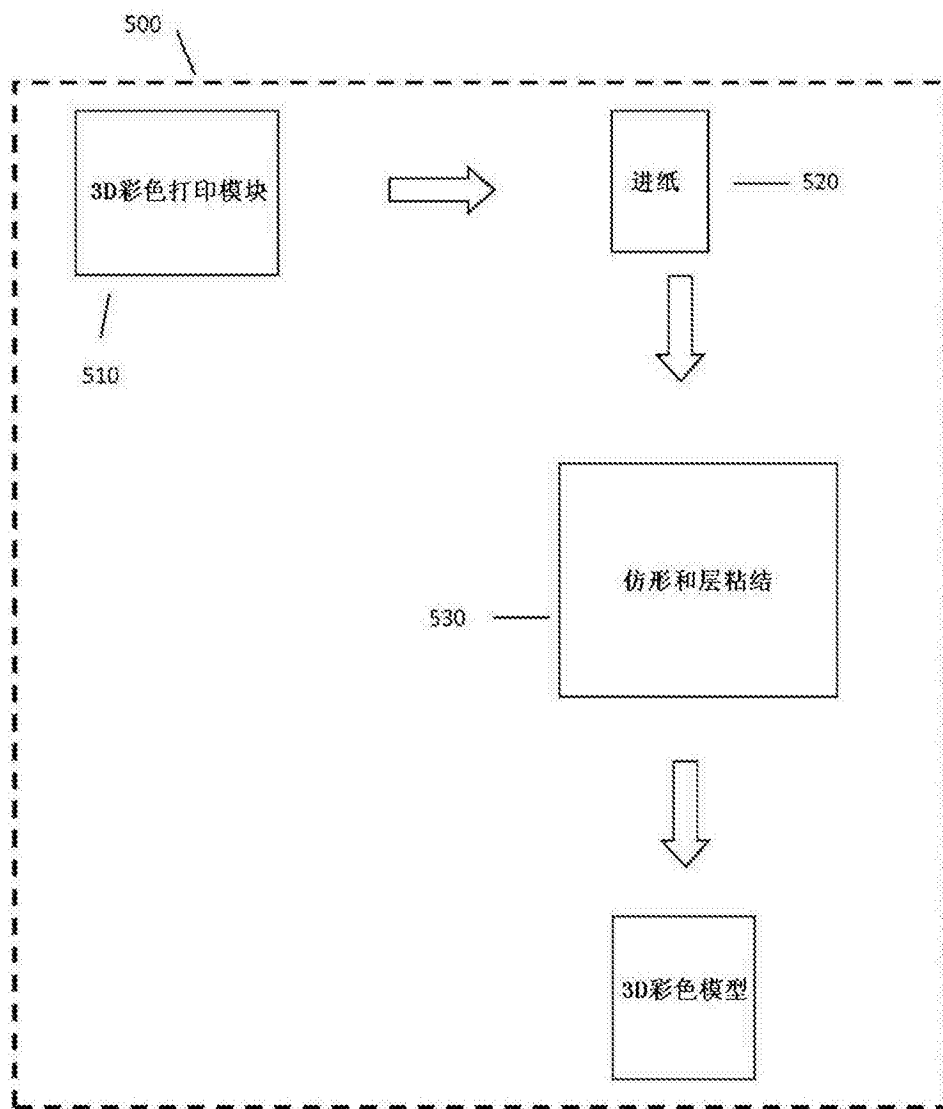


图 2a

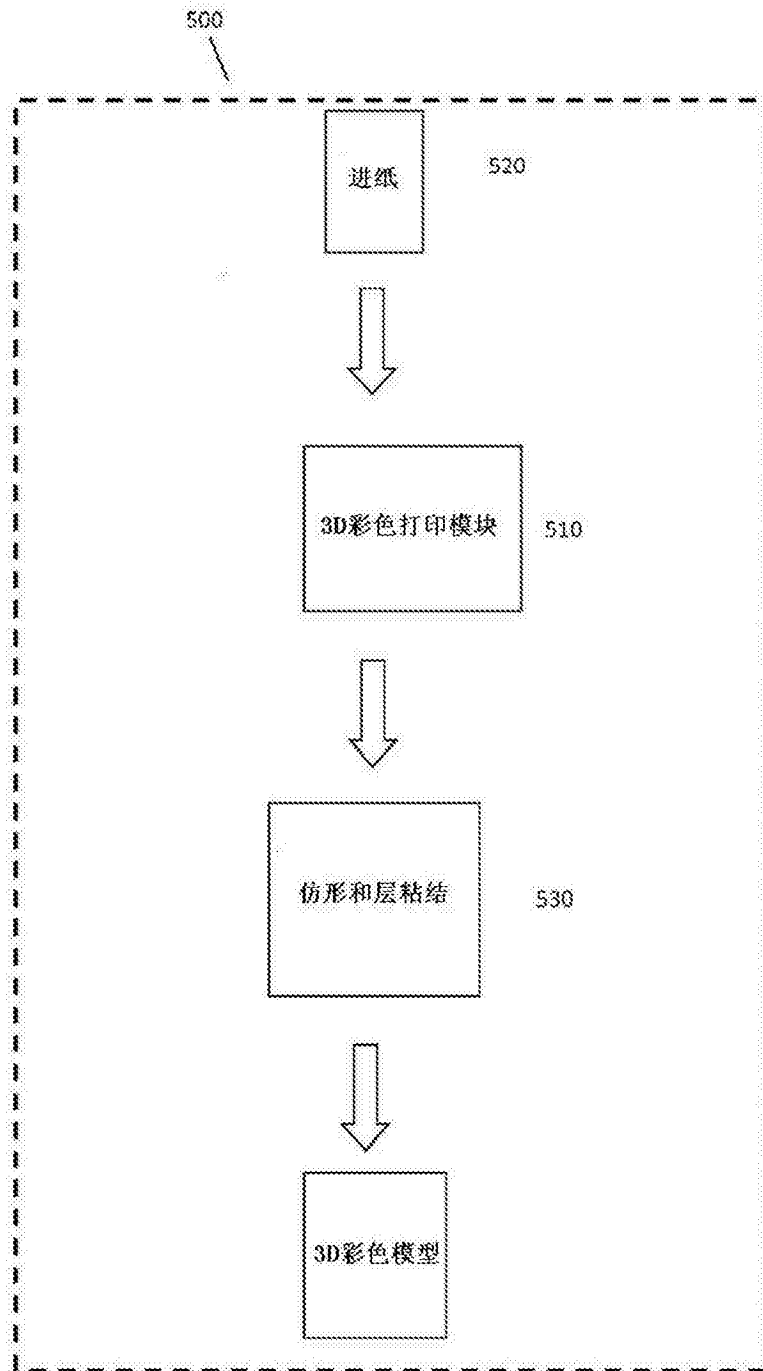


图 2b

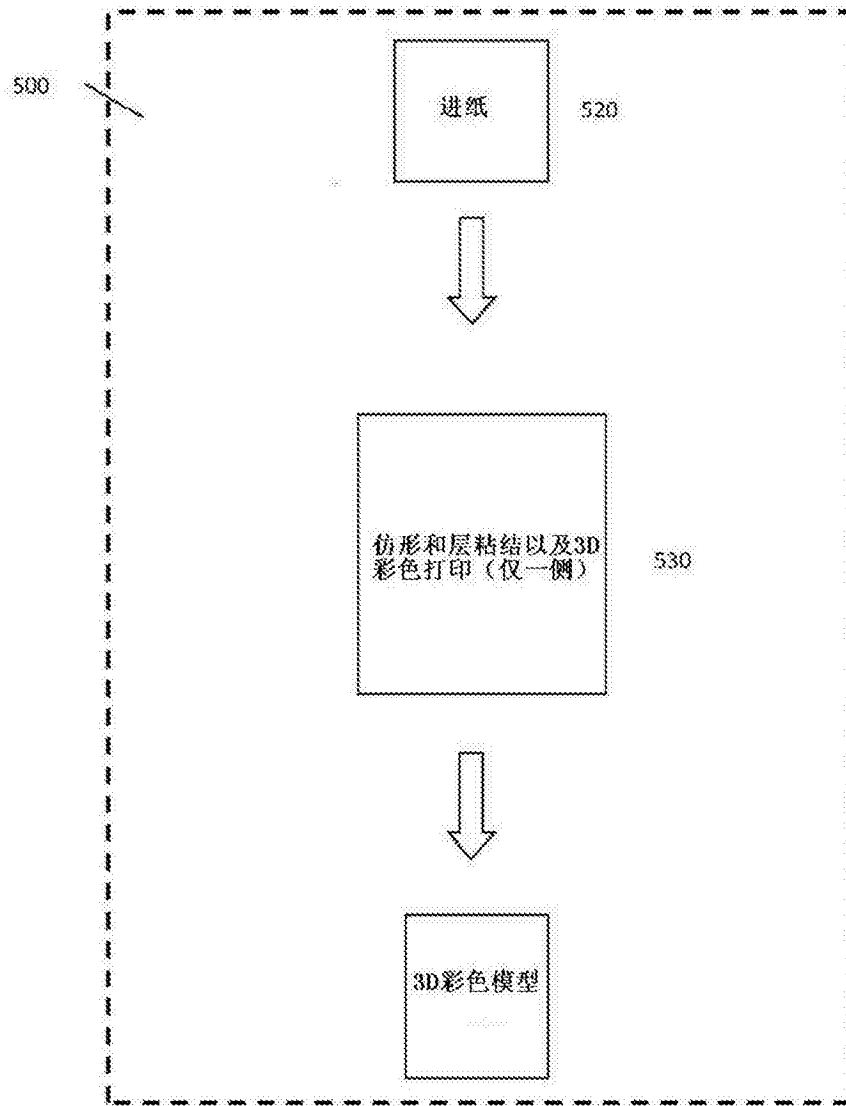


图 2c

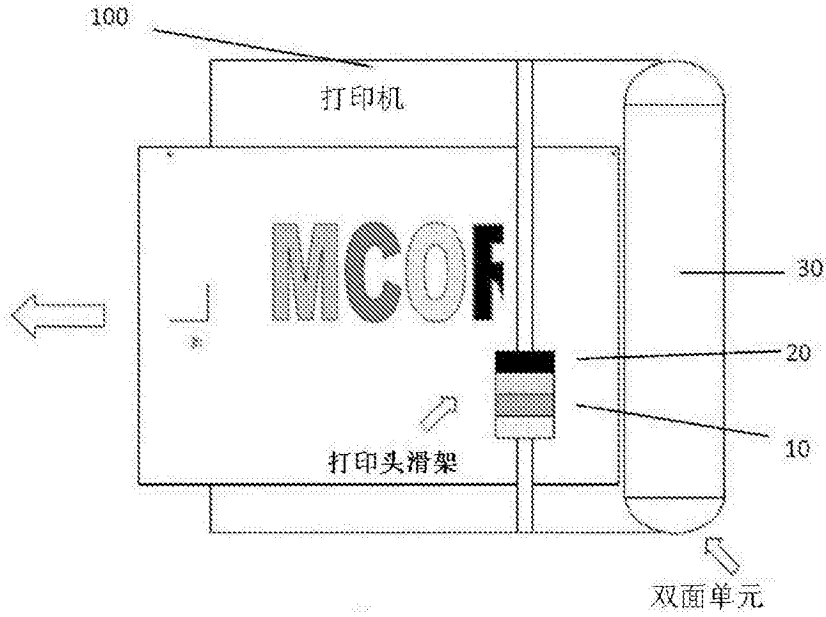


图 3

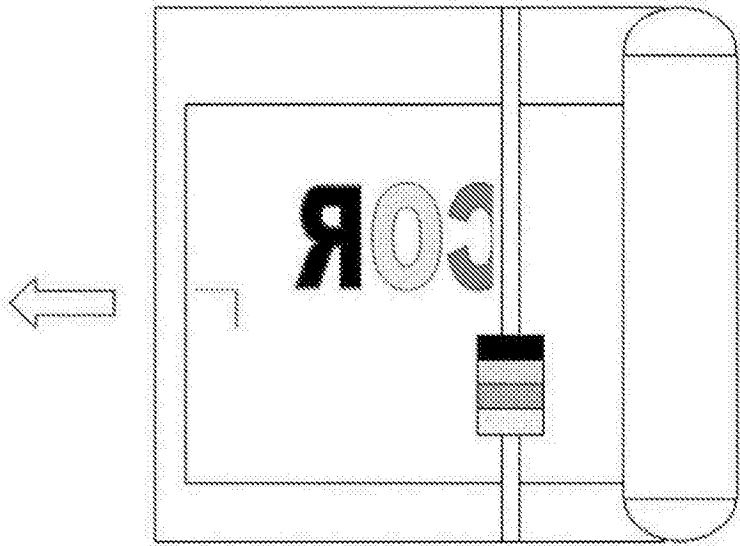


图 4

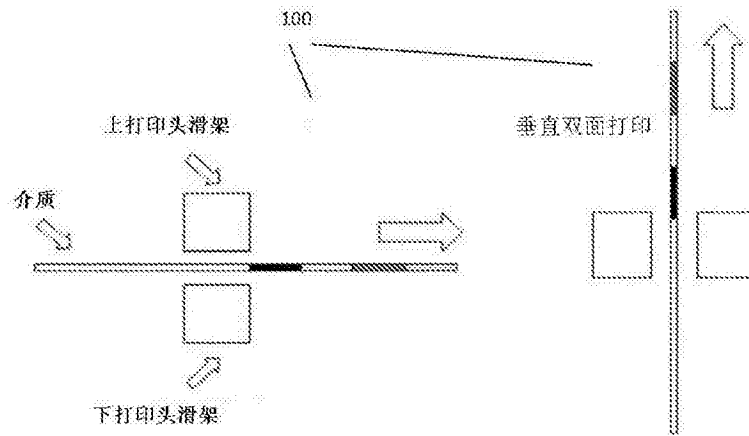


图 5

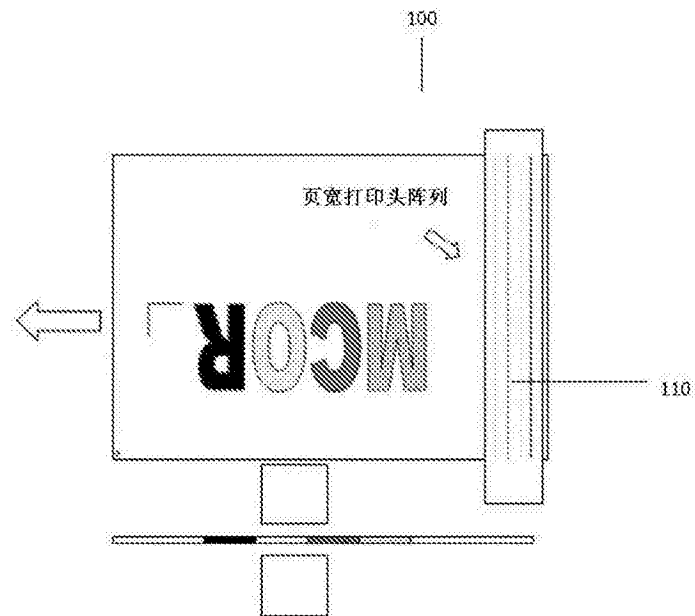
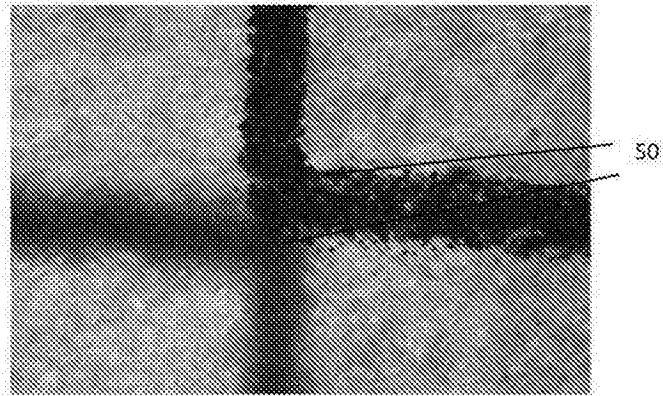


图 6

前图像对齐目标



具有后照明的后图像对齐目标

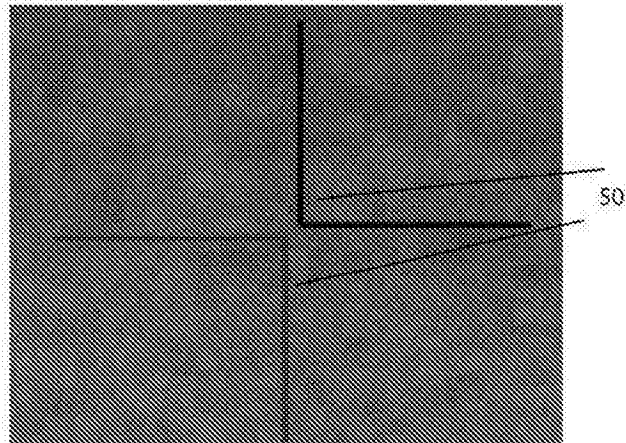


图 7

图 8

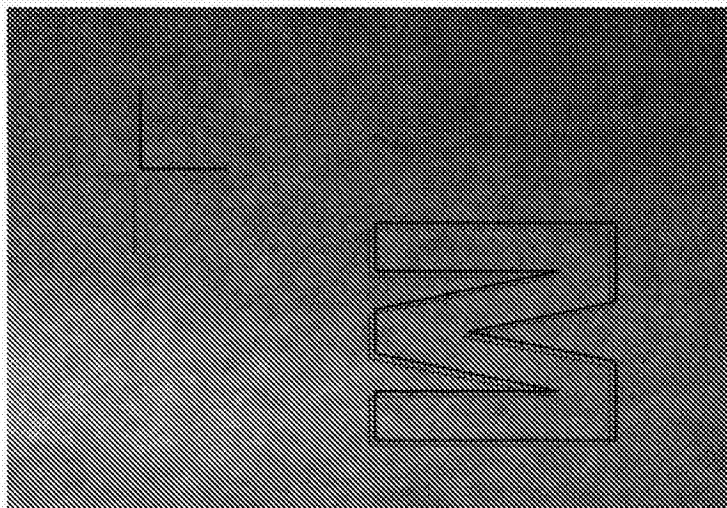


图 9a

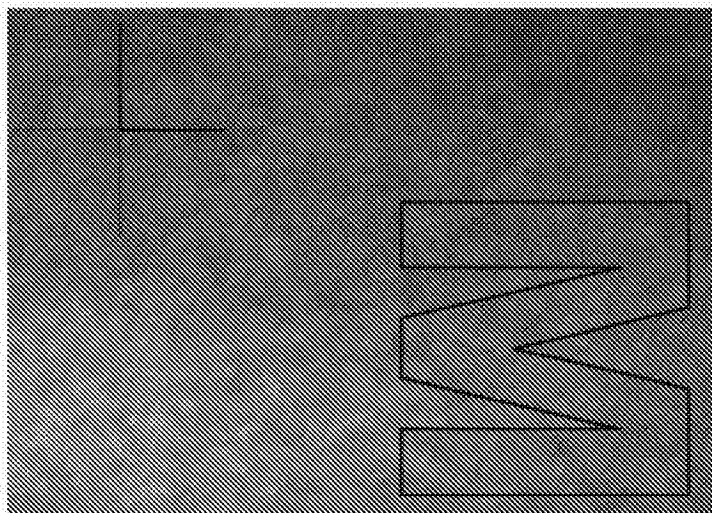


图 9b

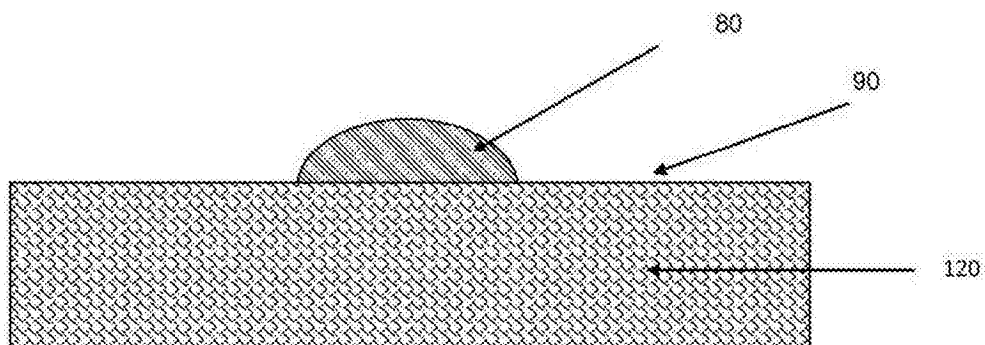


图 10

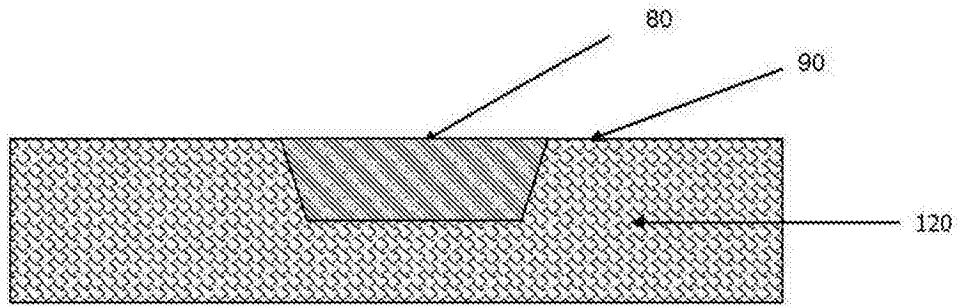


图 11

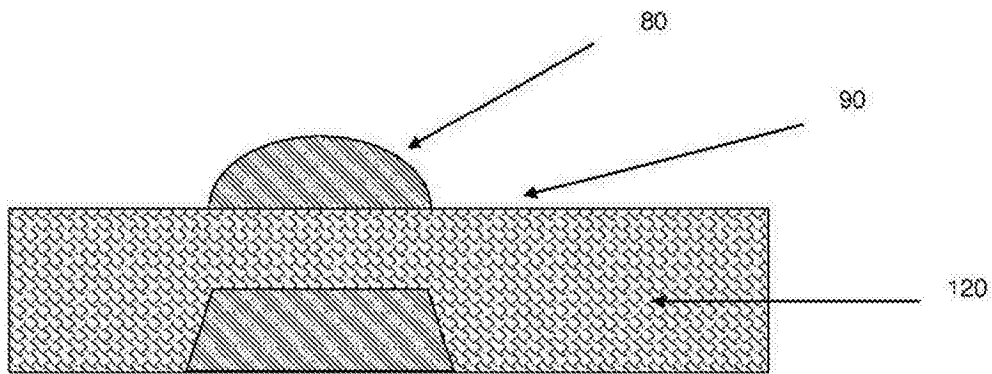


图 12

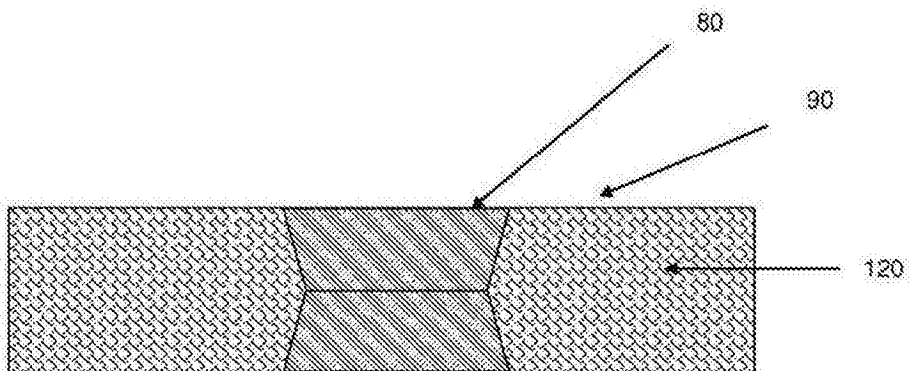


图 13

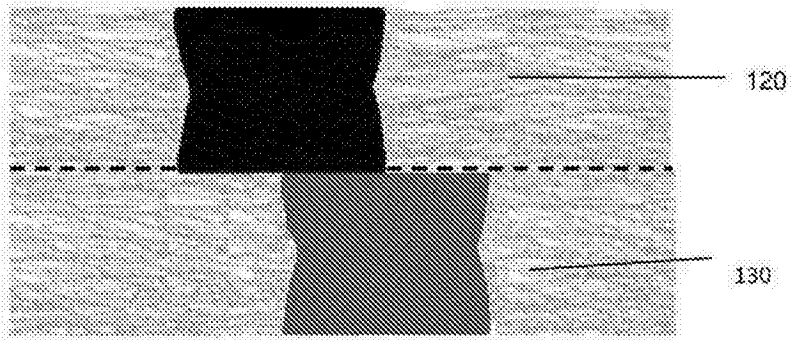


图 14

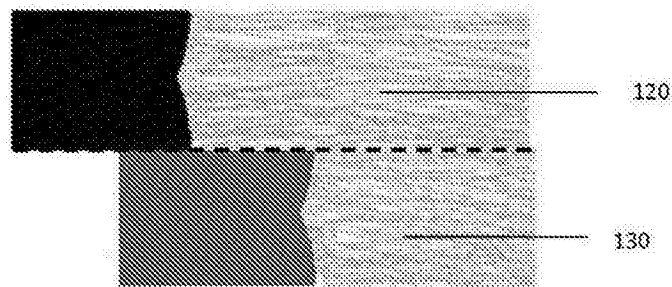


图 15

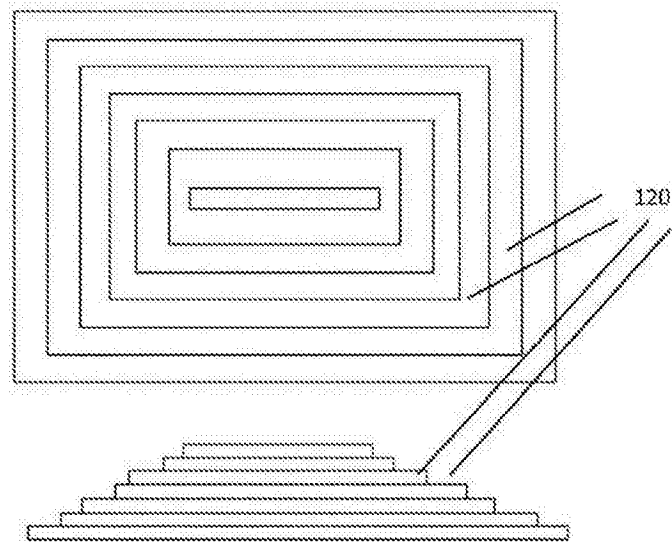


图 16

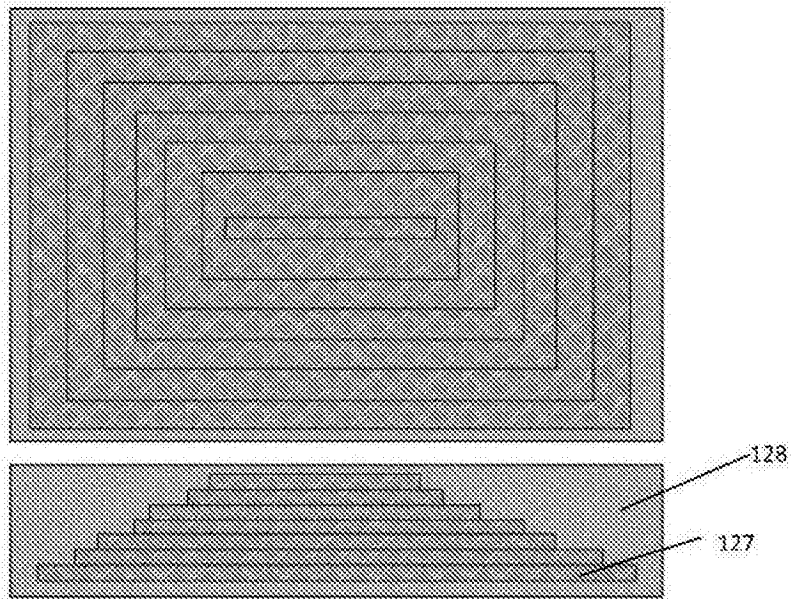


图 17

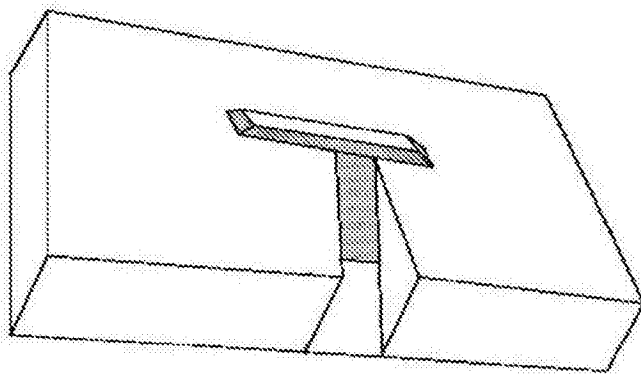


图 18

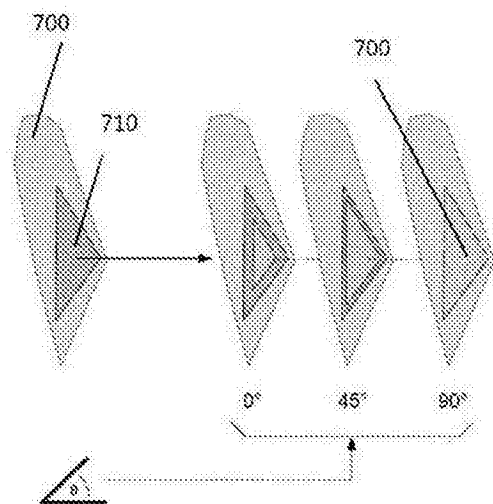


图 19

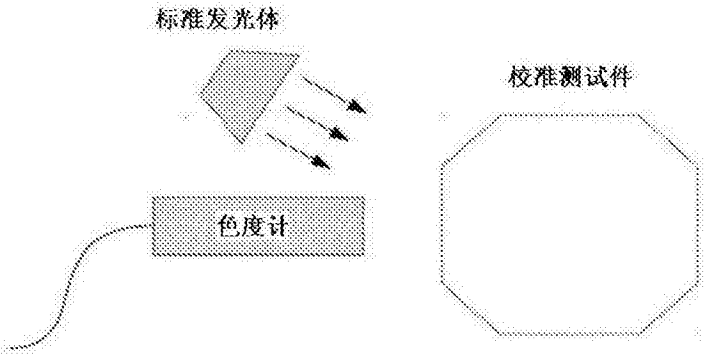


图 20

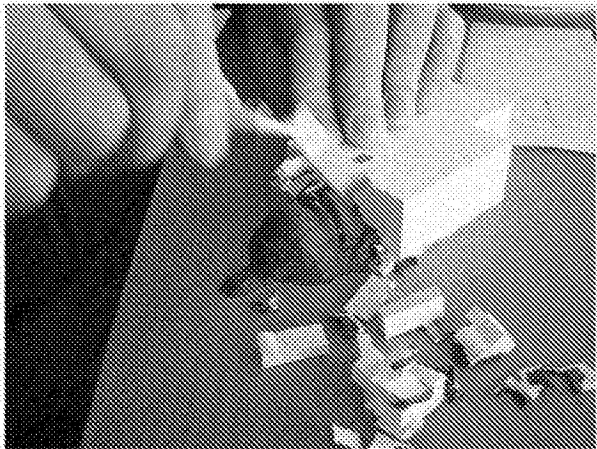


图 21

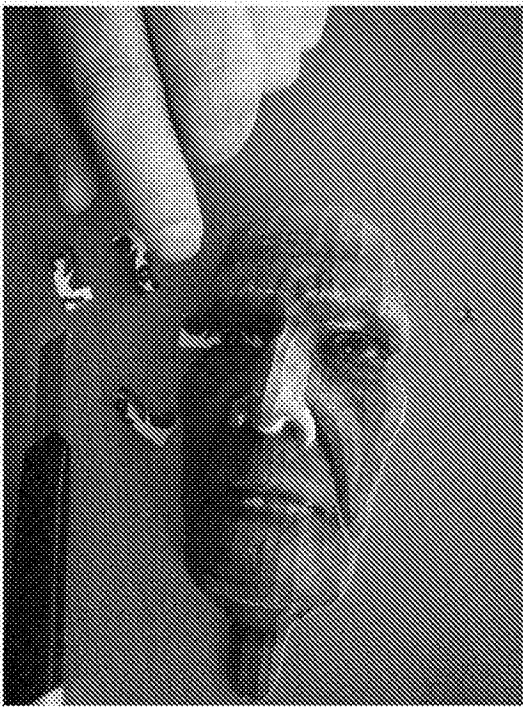


图 22