



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107206548 B

(45)授权公告日 2019.08.13

(21)申请号 201680006659.5

(72)发明人 Z.科特勒 M.泽努

(22)申请日 2016.01.05

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107206548 A

代理人 张邦帅

(43)申请公布日 2017.09.26

(51)Int.Cl.
G23C 14/28(2006.01)

(30)优先权数据
62/105,761 2015.01.21 US

(56)对比文件

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.07.21

TW 201410898 A, 2014.03.16,
US 2014038392 A1, 2014.02.06,
CN 101548233 A, 2009.09.30,
CN 101272913 A, 2008.09.24,
KR 20120138472 A, 2012.12.26,
TW 201141304 A, 2011.11.16,

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IL2016/050007 2016.01.05

审查员 李婷

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/116921 EN 2016.07.28

(73)专利权人 奥博泰克有限公司
地址 以色列亚夫内

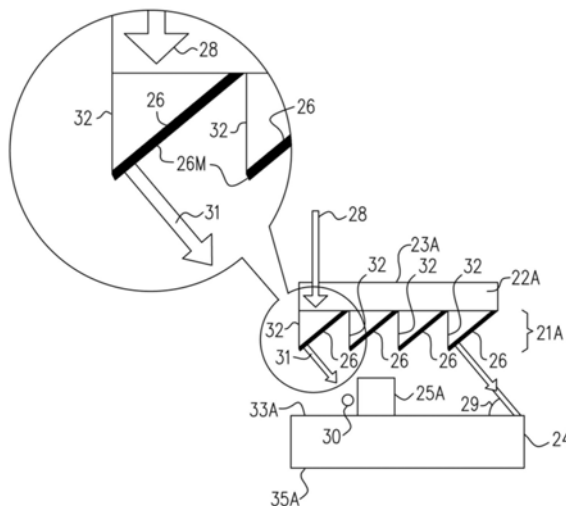
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

倾斜的激光诱导前向转换喷射

(57)摘要

一种用于受体表面上的材料沉积的设备,包括:透明供体基板,具有相对的第一和第二表面,使得第二表面的至少一部分不平行于受体表面,所述透明供体基板还包括第二表面上的供体膜。该设备还光学组件,其配置成将辐射束引导成穿过供体基板的第一表面,并在第二表面的不平行于受体表面的那部分的位置处照射在供体膜上,以诱导熔融材料的小滴从供体膜喷射到受体表面。



1. 用于受体表面上的材料沉积的设备,包括:

透明供体基板,具有相对的第一和第二表面,使得第二表面的至少一部分不平行于受体表面,所述透明供体基板还包括第二表面上的供体膜;以及

光学组件,配置成将辐射束引导成穿过供体基板的第一表面,并在第二表面的不平行于受体表面的那部分的位置处照射在供体膜上,以诱导熔融材料的小滴从供体膜喷射到受体表面,其中,小滴中的至少一个以不正交于受体表面的喷射角度喷出。

2. 如权利要求1所述的设备,其中,所述第二表面包括周期性结构。

3. 如权利要求1所述的设备,其中,所述第二表面包括多分面结构。

4. 如权利要求3所述的设备,其中,所述第二表面包括第一和第二分面,所述第一和第二分面以相反的角度取向,并以各自不同的供体膜涂覆。

5. 如权利要求3所述的设备,其中,所述第二表面包括第一和第二分面,并且其中,仅第一分面用供体膜涂覆。

6. 用于材料沉积的设备,包括:

透明供体基板,具有相对的第一和第二表面,使得所述第二表面的至少一部分是非平面的,所述透明供体基板还包括位于第二表面的非平面部分上的供体膜;以及

光学组件,配置成将辐射束引导成穿过供体基板的第一表面,并在第二表面的非平面部分的位置处照射在供体膜上,以诱导熔融材料的小滴从供体膜喷射到受体表面,其中,小滴中的至少一个以不正交于受体表面的喷射角度喷出。

7. 如权利要求6所述的设备,其中,所述第二表面包括周期性结构。

8. 如权利要求6所述的设备,其中,所述第二表面包括弯曲结构。

9. 如权利要求6所述的设备,其中,所述第二表面包括多分面结构。

10. 如权利要求9所述的设备,其中,所述第二表面包括第一和第二分面,所述第一和第二分面以相反的角度取向,并以各自不同的供体膜涂覆。

11. 如权利要求9所述的设备,其中,所述第二表面包括第一和第二分面,并且其中,仅第一分面用供体膜涂覆。

12. 一种用于材料沉积的方法,包括:

提供透明供体基板,其具有相对的第一和第二表面,并具有位于第二表面上的第一和第二分面,第一和第二分面以相反的角度取向,透明供体基板还包括位于第一和第二分面上的供体膜;以及

邻近受体基板定位供体基板,第二表面面向受体基板;以及

将辐射束引导成穿过供体基板的第一表面,并在响应于第二表面的第一和第二分面而选择的位置处照射在供体膜上,以诱导熔融材料的小滴从第一和第二分面上的供体膜喷射到受体基板,

其中,小滴中的至少一个以不正交于受体基板的喷射角度喷出。

13. 如权利要求12所述的方法,其中,熔融材料的小滴从第一和第二分面上的供体膜的喷射被同时执行。

14. 如权利要求12所述的方法,其中,熔融材料的小滴从第一和第二分面上的供体膜的喷射被相继地执行。

15. 一种用于材料沉积的方法,包括:

提供透明供体基板,其具有相对的第一和第二表面,并具有位于第二表面上的供体膜;
以及

邻近受体基板的受体表面定位供体基板,第二表面面向受体基板,并以关于受体表面的倾斜角度取向;以及

将辐射束引导成穿过供体基板的第一表面,并在第二表面以倾斜角度取向的同时照射在供体膜上,以诱导熔融材料的小滴从供体膜喷射到受体表面,

其中,小滴中的至少一个以不正交于受体表面的喷射角度喷出。

16. 如权利要求15所述的方法,其中,定位供体基板包括识别受体表面上的形貌特征的三维(3D)形状,并响应于3D形状取向供体基板。

17. 如权利要求15所述的方法,其中,所述第二表面包括弯曲结构。

18. 如权利要求15所述的方法,其中,所述供体基板的第二表面包括多分面结构。

19. 如权利要求18所述的方法,其中,所述多分面结构包括以相反的角度取向并以供体膜涂覆的第一和第二分面。

20. 如权利要求19所述的方法,包括同时从第一和第二分面的供体膜喷射小滴到3D形状。

21. 如权利要求19所述的方法,包括相继地从第一和第二分面的供体膜喷射小滴到3D形状。

22. 如权利要求15所述的方法,其中,所述供体基板的第二表面包括周期性结构。

倾斜的激光诱导前向转换喷射

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及激光直写,尤其涉及用于激光诱导前向转换喷射的方法和系统。

背景技术

[0002] 激光诱导前向转换(LIFT)是用于直接印刷各种材料(比如金属和聚合物)的技术。LIFT提供了高印刷质量,然而,先进的电子装置包括鸡以均匀涂覆的三维(3D)图案。下面提供现有技术的示例。

[0003] Duignan的美国专利6792326(其公开内容作为引用并入本文)描述了用于微结构制造的材料输送系统,其具有基板、具有沉积层的材料载体以及朝向材料载体元件引导的激光束。该系统在相加操作模式或在相减操作模式下操作,使得当操作模式发生改变时,不必从工具移除工件。

[0004] Auyeung等人的美国专利6805918(其公开内容作为引用并入本文)描述了一种用于激光转换和沉积流变流体的方法,其中,激光能量撞击包括流变流体的目标基板,导致流变流体的一部分蒸发掉,并促使没有蒸发的流变流体到接收基板上。

[0005] Huang的美国专利7277770(其公开内容作为引用并入本文)描述了一种根据计算机辅助设计(CAD)在微电子装置的基板表面上制造期望电路部件的直写工艺和设备。

[0006] Babiarz等人的美国专利申请出版物2005/0095367(其公开内容作为引用并入本文)描述了一种非接触分配粘性材料到基板表面上的方法,其使用具有沿不垂直于基板表面的喷射方向引导粘性材料流的喷嘴的喷射阀。不垂直的喷射方向导致在基板上产生减小湿润区域的小滴。

[0007] 通过引用并入本文的文件被认为是本申请的一部分,除非在这些并入的文件中定义的术语与在本说明书中明确或暗含定义的术语相矛盾,则仅考虑在本说明书中的定义。

发明内容

[0008] 在本文中描述的本发明的实施例提供了一种在受体表面上材料沉积的设备,受体表面包括具有相对的第一和第二表面的透明供体基板,使得第二表面的至少一部分不平行于受体表面,透明供体基板还包括位于第二表面上的供体膜。该设备还包括光学组件,其配置成引导辐射束通过供体基板的第一表面,并在第二表面的不平行于受体表面的那部分的位置处照射到供体膜上,以从供体膜诱导熔融材料的小滴喷射到受体表面。

[0009] 在一些实施例中,第二表面包括周期性结构。在其它实施例中,第二表面包括多分面结构。在又一实施例中,第二表面包括第一和第二分面,第一和第二分面以相反角度取向,并以各自不同的供体膜涂覆。在替代实施例中,第二表面包括第一和第二分面,其中,仅第一分面以供体膜涂覆。在一实施例中,第二表面包括弯曲结构。

[0010] 根据本发明的实施例,还提供了一种用于材料沉积的设备,包括具有相对的第一和第二表面的透明供体基板,使得第二表面的至少一部分是非平面的,透明供体基板还包

括位于第二表面的非平面部分上的供体膜。该设备还包括光学组件,其配置成引导辐射束通过供体基板的第一表面,并在第二表面的非平面部分的位置处照射到供体膜上,以从供体膜诱导熔融材料的小滴喷射到受体表面。

[0011] 根据本发明的实施例,还提供了一种用于材料沉积的方法,包括提供透明供体基板,其具有相对的第一和第二表面并具有位于第二表面上的第一和第二分面,第一和第二分面以相反角度取向,透明供体基板还包括位于第一和第二分面上的供体膜。供体基板邻近受体基板定位,第二表面面向受体基板。辐射束被引导通过供体基板的第一表面,并在响应于第二表面的第一和第二分面选择的位置处照射在供体膜上,以从第一和第二分面上的供体膜诱导熔融材料的小滴喷射到受体基板。

[0012] 根据本发明的实施例,还提供了一种用于材料沉积的方法,包括提供透明供体基板,其具有相对的第一和第二表面并具有位于第二表面上的供体膜。供体基板邻近受体基板的受体表面定位,第二表面面向受体基板,并相对于受体表面以斜角(即以非垂直角)取向。辐射束被引导通过供体基板的第一表面,并在第二表面以斜角取向的同时照明在供体膜上,以从供体膜诱导熔融材料的小滴喷射到受体表面。

[0013] 与附图一起,从对本发明的实施例的详细描述中可以更全面地理解本发明。

附图说明

[0014] 图1是根据本发明的实施例在基板上直写的系统的示意性图示;

[0015] 图2是根据本发明的实施例,示出图1的系统的细节的示意性侧视图;

[0016] 图3-6是根据本发明的实施例,示出非平面激光诱导前向转换(LIFT)供体的细节的示意性截面图;以及

[0017] 图7是根据本发明的实施例,示出不平行于受体基板的非平面LIFT供体的细节的示意性截面图。

具体实施方式

[0018] 概述

[0019] 在下面本文中描述的本发明的实施例提供了增强激光诱导前向转换(LIFT)技术的容量和可用性的方法和设备。由这些实施例提供的增强可用于在包括各种类型基板的电子电路上印刷,尤其用于在三维(3D)结构上印刷。然而,公开的技术决不限于这些特定应用背景,本文所述实施例的各方面还可准用于在除了电子电路板之外的基板上的基于LIFT的印刷。所述增强包括印刷金属和非金属材料。

[0020] 在典型的基于LIFT的系统中,供体表面和受体基板之间的小距离在基板上产生高印刷质量。然而,在基板上的3D结构上印刷具有两个挑战:供体表面和受体的下表面之间的可能的大距离(在受体上产生低印刷质量);以及基板的3D结构的竖直侧壁的可能较差涂覆(“阶梯覆盖”)。

[0021] 下面描述的本发明的实施例通过提供不同的新颖类型的供体结构和取向以及操作LIFT系统的对应方法克服了这些局限中的一些。在一些实施例中,透明供体基板具有相对的第一和第二表面,使得第二表面的至少一部分不平行于受体表面,并且还包括位于其上的供体膜。光学组件配置成引导辐射束通过供体基板的第一表面,以在第二表面的不平

行于受体表面的那部分的位置处照射在供体膜上。该照射从供体膜诱导熔融材料(比如金属和聚合物)的小滴喷射到受体表面。

[0022] 在其它实施例中,第二表面包括多分面周期性结构,其中,各分面中的至少一些用供体膜涂覆。多分面结构包括第一大致类似分面和第二大致类似分面,第一和第二分面以相反角度取向,并以各自不同供体膜涂覆。在又一实施例中,供体的第二表面包括不平行于基板的水平表面的第一大致类似分面和第二大致类似分面以及平行于基板的水平表面但是不用供体膜涂覆的第三大致类似分面。第三分面可以用于经由供体现场检测LIFT过程。

[0023] 在替代实施例中,第二表面包括弯曲结构。

[0024] 在另一实施例中,透明供体基板具有相对的第一和第二表面,使得第二表面的至少一部分是非平面的,并具有位于第二表面的非平面部分上的供体膜。光学组件引导辐射束通过供体基板的第一表面,并在第二表面的非平面部分的位置处照射在供体膜上,以从供体膜诱导熔融材料的小滴喷射到受体表面。

[0025] 系统描述

[0026] 图1是根据本发明的实施例在基板24上直写的系统的示意性图示。这系统及其部件在此仅显示为说明本文所述技术可应用的那种环境。这种技术可类似地使用合适的其它类型器材并在其它构造中实施。

[0027] 图1的系统在印刷和直写设备10周围建立,该设备在电子电路12(比如平板显示器(FPD)或印刷电路板(PCB))的基板24上操作,电子电路保持在安装表面14上。在一般的LIFT工艺中,基板24还称为接收器或受体。术语“平板显示器”、“FPD”、“印刷电路板”和“PCB”在本文中用于总体上指代任何类型的电介质或金属或半导体基板,比如金属的导电材料或比如电介质和聚合物的非导电材料沉积在基板上,而不管基板材料的类型和用于沉积的工艺如何。设备10可用于沉积新层,比如在各种基板上或在任何其它电子装置上印刷金属电路。

[0028] 设备10包括光学组件16,其包含用于激光诱导前向转换(LIFT)的激光器和光学系统。光学组件16及其操作在下面参考图2来描述。在一些实施例中,比如由设备10执行的直接印刷应用(比如在PCB或FPD或任何其它可应用装置上的图案化或层沉积)可包括其它诊断能力,诊断能力可以内置(即在印刷过程期间监控和检测)、集成(即在完成LIFT工艺之后立即监控和检测选择的装置)、或通过独立诊断系统离线。

[0029] 桥形式的定位组件20通过沿设备10的轴线线性运动而将光学组件16定位在所讨论的基板24上的相关地点上。在其它实施例中,定位组件20可以是其它形式,比如在电路12和静止组件16下方沿一个(X)轴线、两个(X,Y)轴线或三个(X,Y,Z)轴线的移动台。控制单元27控制光学组件和定位组件的操作,并实施额外功能,比如温度控制,以实施所需检测、印刷、图案化和/或其它制造和修复操作,如下所述。

[0030] 通常,控制单元27与操作终端23连通,连同用户接口和软件一起,操作终端包括具有处理器34和显示器36的通用计算机。

[0031] 图2是示出根据本发明的实施例,设备10尤其光学组件16的细节的示意性侧视图。激光器13发射脉冲辐射,脉冲辐射由光学系统15聚焦。激光器可例如包括具有倍频输出的脉冲Nd:YAG激光器,激光器的脉冲幅度可以由控制单元27方便地控制。(尽管通过不普通的手段,控制单元27还可以配置成控制脉冲持续时间)。光学系统15可被类似地控制,以调节由激光束形成的焦点的位置和大小。

[0032] 在一些实施例中,可以使用具有不同光束特性的额外激光器(未示出)或任何其它照明源(例如LED或灯具)。额外激光器可以在另一波长下操作并具有另一光学设定,并且可以例如用于表面检测。

[0033] 光学组件16在图2中以LIFT构造示出。光学系统15使来自激光器13的光束聚焦到供体19,供体包括供体基板17,一个或多个供体膜18沉积在基板17上。通常,基板17包括透明光学材料,比如玻璃或塑料片,或者其它类型的透明基板,比如硅晶片或柔性塑料箔。来自激光器13的光束与电路12的基板24上的选择地点对准(通过定位组件20),供体19定位在该地点上方,与基板相距期望间隙宽度D。通常,该间隙宽度为至少0.1mm,发明人已发现,可以使用0.2mm或甚至0.5mm或更大的间隙宽度,经过恰当地选择激光束参数。

[0034] 光学系统15使激光束穿过基板17的外表面聚焦在膜18上,从而导致熔融材料的小滴从膜喷出,跨过该间隙,到达装置基板的表面上(例如进入结构层25)。

[0035] 图3是示出根据本发明的实施例的非平面LIFT供体22A的细节的示意性截面图。供体22A透过激光束28,并包括两个表面,即通常垂直于激光束28并平行于基板24的平面第一(上)表面23A以及面向基板24的第二(下)表面21A。在一实施例中,供体22A的下表面是非平面的,并包括不平行于基板24的两个或更多个分面。在图3的示例中,供体22A的下表面包括大致类似分面32和大致类似分面26。分面32通常平行于激光28,分面26具有斜度(斜率),并以材料26M的一个或多个膜来涂覆,以形成相应材料的单个层或多层堆叠。在本公开以及权利要求中,假设分面具有平坦的和平面的表面。

[0036] 在LIFT工艺期间,激光束28提供脉冲辐射到供体22A。辐射穿过表面23A,照射到选择的分面26的供体膜。由于选择的分面不平行于基板24的受体表面33A,所以在本文中假设平行于基板的基面35A,来自供体膜的熔融材料的小滴30以角度29喷射到基板24的受体表面33A。基板24的受体表面33A在本文中还称为基板的顶表面33A。通常,小滴30的喷射正交于分面26,并由箭头31表示。因此,尽管激光束28垂直于基板24,但是分面26的斜度导致所示倾斜喷射,以将小滴30沉积在基板24上的结构25A的侧壁上。如图中所示,结构25A具有不平行于受体表面33A(即基面35A)的表面,比如侧壁。在下面的描述中,其它结构25B、25C、25D、25E安装在基板24上。其它结构具有与在此所述的结构25A相同的属性,即它们具有不平行于基板24的基面的表面。

[0037] 在图3的示例中,小滴从涂覆分面的喷射角度主要通过供体22A的设计来设定。

[0038] 在典型的LIFT工艺中,供体22A和基板24(以及结构25A)之间的小距离在基板24和结构25A上产生高印刷质量。此外,多分面结构提供了在垂直于每个分面的预定期望方向上的简单喷射,由此使得3D结构的侧壁的高涂覆均匀性成为可能。

[0039] 在一些实施例中,供体22A的下表面包括周期性结构(如图3所示)。在其它实施例中,供体22A的下表面的结构可具有沿供体22A的下表面具有不同分面斜度的非周期性结构。即,该结构可以从供体22A的中心向供体的边缘不同。例如,在供体22A的边缘处的分面的倾斜角度可以比在中心处的分面的角度更陡。

[0040] 在替代实施例中,供体22A的下表面可包括多于两个分面,如关于图5所述。

[0041] 图4是示出根据本发明的实施例的非平面LIFT供体22B的细节的示意性截面图。供体22B的上表面23B平行于基板24的顶表面33A。供体22B的下表面21B是非平面的,并包括多分面结构,比如大致类似分面40和大致类似分面42,它们不平行于基板24的受体表面33A。

由此,每个分面关于基板24的受体表面具有不同斜度。在一实施例中,分面相对于光束28以相反的(未必相等的)角度(例如+45°和-30°)取向。分面可以各自不同的供体膜涂覆,比如关于图3所述的材料26M以及另一材料。

[0042] 这种双材料结构可以由各种技术制造,比如光刻、直接蒸发(在金属涂覆的情况下)或放置具有涂覆在每个分面上的不同材料的双角(例如锥体)结构。(在一些实施例中,一些分布可以没有涂覆)。在LIFT操作期间,两种材料可以大致同时喷射,例如通过使用平行的两个或更多个光束。替代地或额外地,高重复率激光器可以被扫描以有效地获得同时喷射。同时喷射可用于在基本24上形成混合材料(例如混合物)。另外替代地或额外地,两种材料可以连续地印刷以形成混合的材料结构。

[0043] 由于分面40和42不平行于基板24的表面,所以熔融材料的小滴从供体膜的喷射关于基板24的表面以一角度(即图3的角度29)发生。在一实施例中,分面40和42用由类似或不同材料形成的膜涂覆。在替代实施例中,仅一个分面(例如分面40)由膜涂覆。小滴30从分面40的喷射由箭头41表示,小滴30通过关于表面40以正交角度喷射,以涂覆结构25B的左侧壁。箭头43示出小滴30从分面42通常关于分面42以正交喷射角度喷射,以涂覆结构25B的右侧壁。两个喷射还涂覆基板24和结构25B的平行于供体22B的上表面的顶表面。

[0044] 在一些实施例中,小滴30的喷射同时执行,在每个分面上的不同材料的情况下,小滴30的喷射可在基板24上形成相应材料的混合膜(例如混合物或合金)。在其它实施例中,小滴30从分面40的喷射在小滴30从分面42的喷射之前或之后执行。在分面40和42上的不同材料的情况下,小滴30的相继喷射可在基板24的相同层中形成多层结构或混合材料结构。

[0045] 小滴的喷射角度分别由分面40和42的斜度限定。在一些实施例中,分面40和42上的涂覆材料是类似的,以跨过结构25B和基板24印刷相同材料。在其它实施例中,涂覆材料可以不同,以在结构25B和基板24上印刷混合或多层材料。

[0046] 图5是示出根据本发明的实施例的非平面LIFT供体22C的细节的示意性截面图。供体22C透过激光束28(图5中未示出)。在一些实施例中,供体22C可配置成透过用于LIFT工艺检测的另一激光或另一照明源,比如LED或照明器,如下面所述。

[0047] 供体22C的上表面23C平行于基板24的顶表面33A。供体22C的下表面21C包括不平行于基板24的表面33A和35A的大致类似分面50和大致类似分面52以及平行于表面33A的大致类似分面54。

[0048] 分面50和52可以用每个分面上的相同材料或不同材料涂覆,如关于图4所述。在一些实施例中,分面54没有被涂覆,并用于LIFT工艺期间的现场检测,以监控LIFT印刷工艺的质量。替代地或额外地,未涂覆分面可用于额外检测应用,比如配准和/或对准。经由未涂覆分面的检测可使用与用于喷射相同的激光器或者额外的激光器(图5中未示出)或者任何其它合适的照明源(例如LED或照明器),如上所述。

[0049] 在其它实施例中,分面54可以用要喷射的材料涂覆,通常在箭头55示出的喷射中垂直于基板24。从分面50和52的喷射(分别由箭头51和53示出)通常分别垂直于分面50和52。箭头51示出来自分面50的小滴30涂覆结构25C的左侧壁和顶表面。箭头55示出小滴30涂覆结构25C的顶表面。箭头53示出小滴30涂覆结构25C的右表面。分面50和52的喷射角度主要由分面的相应斜率设定。

[0050] 图6是示出根据本发明的实施例的非平面LIFT供体22D的细节的示意性截面图。供

体22D透过激光束28。供体22C的上表面23D平行于基板24的顶表面33A。供体22D的下表面21D包括一个或多个弯曲结构71，它们在供体22D的平坦下表面77的顶部上由供体膜涂覆。每个弯曲结构71具有厚度h和宽度L。结构71在本文中还称为元件71。举例来说，四个弯曲元件71在图6中示出，并假设为具有相等曲率半径73的相应球面的截面。

[0051] 然而，应理解的是，元件71可包括大致任何弯曲表面，所以可例如包括柱形截面或另一弯曲实体（比如椭圆）的截面。而且，元件71可以周期方式布置在表面21D上，或者可以布置成非周期性的。

[0052] 通常，每个元件71的宽度L基本上大于相同元件的厚度h，以避免当光束照射在元件71上时光束28的光斑的畸变。在一实施例中，对于供体22D和表面33A之间的间隙79在200 μm至300 μm范围内或更大，厚度h是约100 μm或更小。厚度和间隙的这些值保证供体22D和基板24之间的印刷条件基本上一致。

[0053] 元件71的曲率和光束28照射在元件上的位置限定了小滴30从元件的喷射角度 θ_e ，小滴通常正交于照射区域喷射。因此，操作者可控制光束28在弯曲供体上的位置，以针对基板上的期望位置获得给定小滴30的所需喷射角度。通常，通过控制光束28、供体22D和/或基板24的位置，操作者可选择小滴30的喷射角度为连续范围内的任何角度，并由此可改变每个小滴30在表面33A和结构25D上的降落角度和降落位置。在一实施例中，喷射角度的连续范围位于相对于光束28测量的+30°和-30°之间。

[0054] 例如，当光束28照射在元件71的中心上（在本文中假设平行于表面33A）时，小滴30通常正交于表面33A喷射，如箭头72所示。在该情况下，小滴涂覆表面33A或顶表面25D。当光束28照射在元件71的右侧时，小滴30从供体膜的喷射以一角度发生，如箭头74所示。在该情况下，小滴以非正交角度（比如图3所述角度29）降落到受体表面33A，或者到结构25D的左侧壁。类似地，当光束28照射在元件71的左侧时，小滴30从供体膜的喷射以与光束照射在元件右侧相反的角度发生，如箭头76所示。在该情况下，小滴以相反角度（与箭头74所示的示例相比）降落到受体表面33A，或者到结构25D的右侧壁。

[0055] 在元件71的紧密包装中，宽度L由元件71的最大允许喷射角度和厚度h指示。如果 θ_m 是最大喷射角度，则元件71的宽度（对于球面的截面的元件）由下式给出：

$$[0056] \quad L = \frac{2 \sin(\theta_m)}{1 - \cos(\theta_m)} h$$

[0057] 因此，例如，设定厚度h为100 μm，假设最大喷射角度为30°，弯曲表面宽度L为约750 μm，其明显大于典型光斑尺寸。类似的考虑应用于其它紧凑的弯曲结构情况。

[0058] 图7是示出根据本发明实施例的非平面LIFT供体22E（不平行于基板24的表面33A和35A）的细节的示意性截面图。供体22E以在供体22E的平面上表面23E与平行于基板24的表面33A和35A的水平线之间测量的倾斜角度66倾斜。表面23E充当供体22E的限定平面表面，倾斜角度66位于表面23E与平行于基板24的表面33A、35A的线之间。

[0059] 供体22E透过激光束28，并包括由供体膜涂覆并以歪斜角度面向基板24的下表面21E。结构25E位于基板24上，并通常具有如图7所示的三维（3D）结构。

[0060] 在一实施例中，设备10（图1）的用户11识别结构25E的3D结构上的形貌特征，并定位供体22E使得供体的下表面以歪斜的角度（即非正交于表面）朝向3D结构的表面。一旦定位了供体22E和基板24，则用户将光束28引导为照射在供体22E上，以从供体膜喷射材料至

3D结构,通常正交于供体22E的下表面。例如,如果角度66等于 10° ,小滴30正交于供体22E的下表面喷射,则小滴会相对于平行于基板24的水平线以 100° 喷射,并以相对于基板24的表面33A测量的角度 80° ($90^\circ-10^\circ$)降落在结构25E的顶表面上。

[0061] 在一些实施例中,供体22E的表面21E包括多个分面,比如分面61和64,它们通常由供体膜涂覆。在其它实施例中,表面21E是平面的(即不包括分面),并用供体膜涂覆。

[0062] 在LIFT工艺期间,激光束28将脉冲辐射发射到供体22E。该辐射穿过表面23E,并照射在供体22E下表面的供体膜上,以诱导熔融材料的小滴从供体膜喷射到受体表面,在图7的示例中,受体表面包括基板24的表面33A和结构25E的上表面的各部分。

[0063] 在供体22E的平面(非分面)表面21E的第一情况下,从供体膜的喷射角度在供体上是恒定的,由此,光束28朝向结构25E以角度 90° +角度66喷射小滴。结果,小滴66以非正交角度降落在基板24和结构25E的顶表面上。如上面示例所述,角度66等于 10° ,由此,从供体22E的喷射角度是 100° ,结构25E的顶表面上的降落角度是 80° 。在小滴降落在结构25E的侧壁(正交于基板24的表面)上的情况下,降落角度通常相对于侧壁的表面为 10° 。

[0064] 在第二情况(图7所示)下,供体22E的下表面包括大致类似分面62和大致类似分面64。在该实施例中,在LIFT工艺期间,光束28穿过表面23E,并照射在分面62的供体膜上,导致小滴30朝向右侧壁和结构25E的水平顶表面喷射(箭头68所示)。在该情况下,喷射和降落角度取决于角度66以及分面62相对于表面21E的歪斜角度。

[0065] 例如,如果角度66等于 10° ,分面62相对于供体22E的下表面的角度为 60° ,喷射正交于分面62的表面,则喷射从分面62的角度(箭头68)等于 $10^\circ+60^\circ+90^\circ$,相对于供体22E的下表面等于 160° 。小滴在结构25E的顶表面上的降落角度会是 20° ($90^\circ-70^\circ$),在结构25E的左正交侧壁上的降落角度会是 70° 。

[0066] 类似地,光束28穿过供体22E的上表面,并照射在分面64的供体膜上,导致小滴30朝向右侧壁和结构25E的水平表面喷射(箭头70所示)。

[0067] 在两个实施例中,与平行的供体-受体构造相比,非零倾斜角度66提供了供体22E更靠近基板24的确切位置。供体和受体之间更小的距离通常导致LIFT工艺的高印刷质量。

[0068] 在图7中,由于倾斜角度66,供体22E的左侧低于右侧,并且与分面62和64一起可提供供体22E和结构25E上的膜之间的短距离(以与现有技术系统相比提供在这些短距离处的结构25E上的小滴30的更高印刷质量)。倾斜实施例提供了在结构25E上的非均匀高度的情况下的高印刷性能,如图7所示,其中,结构25E的右侧高于结构的左侧。

[0069] 如图7所示,非零倾斜角度66和供体22E的下表面上的多分面结构的组合提供了相对于结构25E的特定形貌适配LIFT工艺的灵活性。例如,在图7中,最高3D结构位于结构25E的右侧,由此供体22E向下向左倾斜。在3D结构在结构25E的左侧较高的相反情况下,供体22E可向下向右倾斜,这意味着倾斜角度66与图7所示角度相反。例如,除了 10° ,角度66是 -10° (170°)。可适配的倾斜角度和供体的多分面结构的组合提供了可用于获得供体22E的表面21E和结构25E之间的小距离的灵活性,并由此提供了对于结构25E的任何类型3D特征的高印刷质量。

[0070] 应明白,上述实施例以示例的方式提及,本发明不限于上面特定显示和描述的。确切地,本发明的范围包括上面所述各种特征的组合和子组合,以及本领域技术人员在阅读前述描述能够想到的和现有技术中未公开的各种变型和改造。

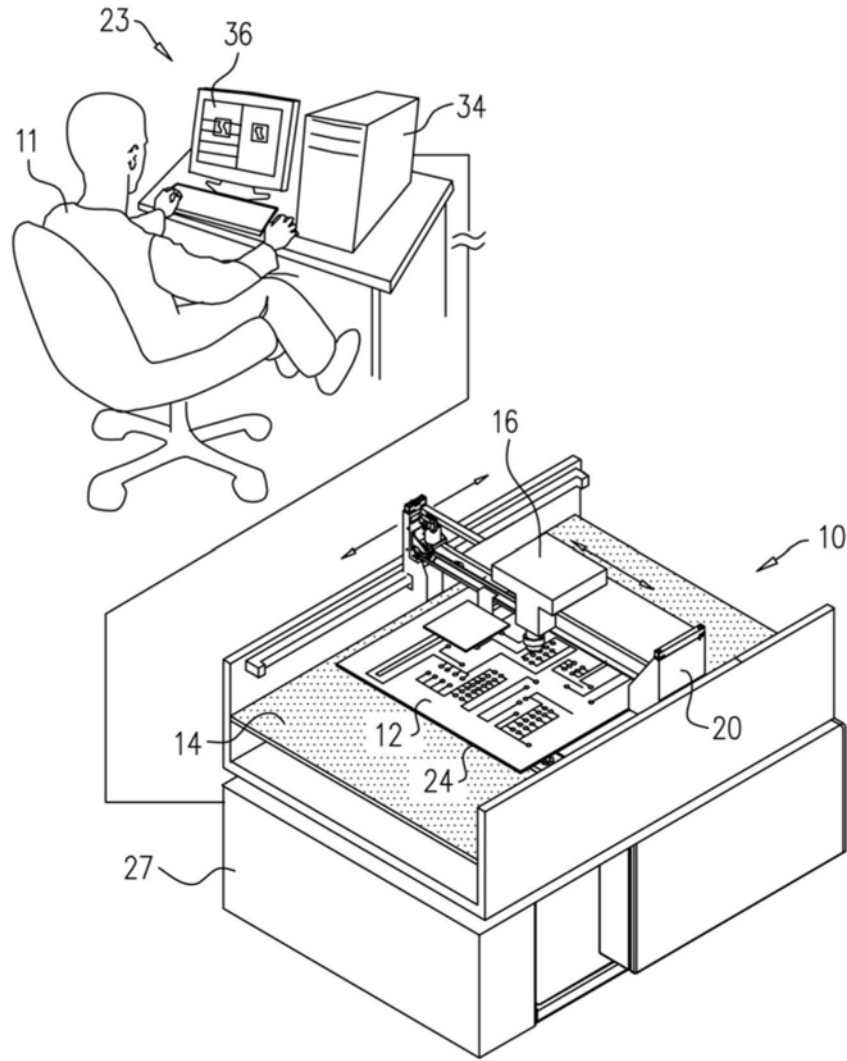


图1

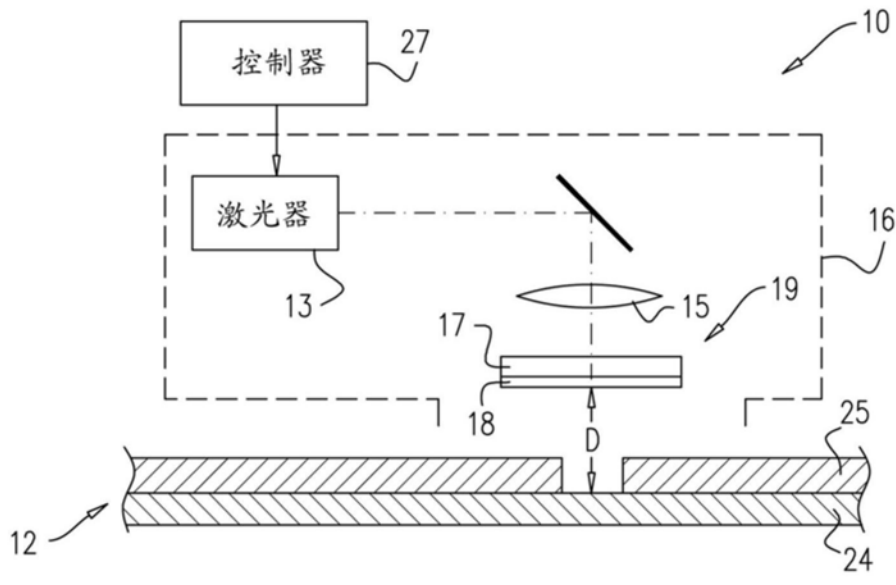


图2

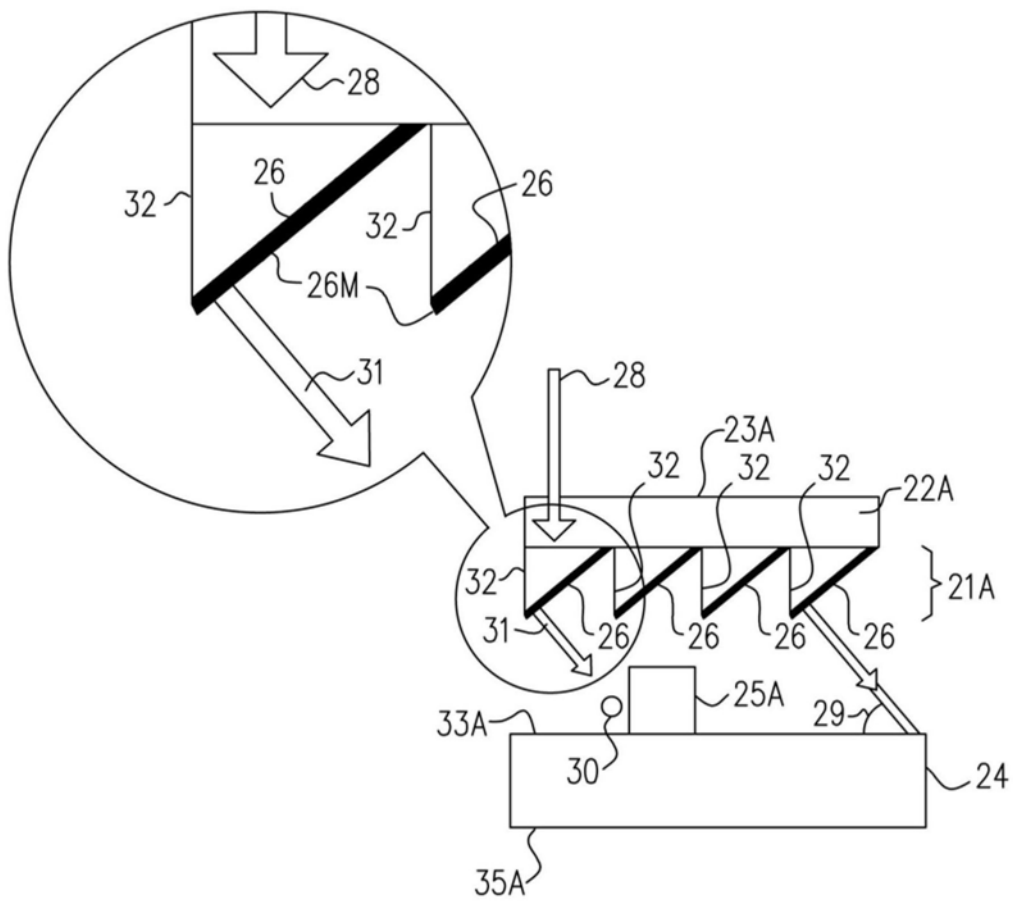


图3

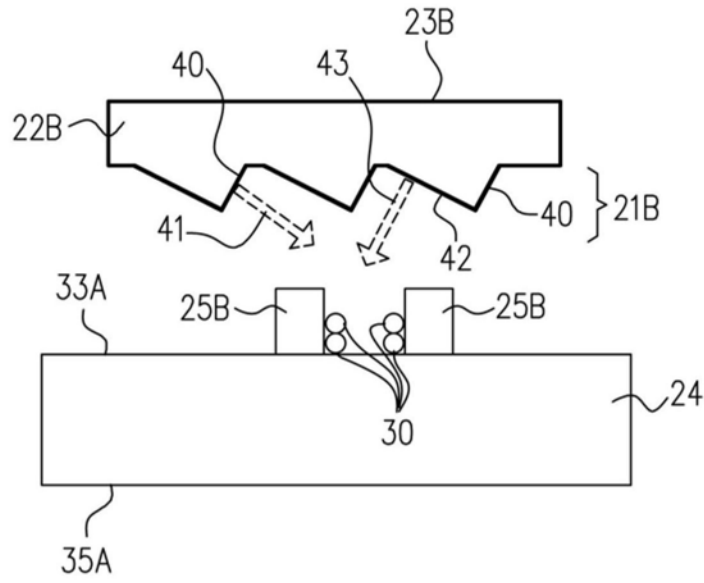


图4

