



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101903159 A

(43) 申请公布日 2010.12.01

(21) 申请号 200880122159.3

(22) 申请日 2008.12.18

(30) 优先权数据

61/014,574 2007.12.18 US

12/336,821 2008.12.17 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.06.17

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/013827 2008.12.18

(87) PCT申请的公布数据

W02009/082458 EN 2009.07.02

(71) 申请人 分子制模股份有限公司

地址 美国得克萨斯州

(72) 发明人 F·Y·徐 I·M·麦克麦基

P·B·拉德

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 张宜红 张静

(51) Int. Cl.

B29C 59/00 (2006.01)

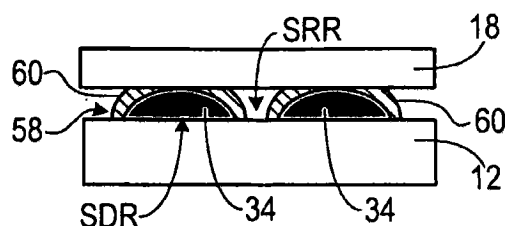
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54) 发明名称

多重表面上的接触角衰减

(57) 摘要

处理模板以提供表面活性剂富集区和表面活性剂损耗区。表面活性剂富集区处的接触角可以大于、小于或基本上类似于表面活性剂损耗区内的接触角。



1. 一种确定模板与可聚合材料之间的润湿特性的方法,该方法包括:
将包含第一可聚合材料和表面活性剂的第一压印流体分配到基板上;
使与基板叠置的模板与第一压印流体相接触,使得至少一部分所述第一压印流体的表面活性剂与所述模板相接触;
分离所述模板和所述第一压印流体,从而在所述模板的表面上形成具有第一厚度的表面活性剂富集区、和具有第二厚度的表面活性剂损耗区;
使所述模板与第二压印流体相接触,使得至少一部分的第二可聚合材料与所述模板相接触,其中,所述表面活性剂富集区内所述模板与所述第二可聚合材料之间的第一接触角,与所述表面活性剂损耗区内所述模板与所述第二可聚合材料之间的第二接触角不相等。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述表面活性剂富集区内的所述第一接触角大于所述表面活性剂损耗区内的所述第二接触角。
3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述表面活性剂富集区内的所述第一接触角小于所述表面活性剂损耗区内的所述第二接触角。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述第一厚度大于所述第二厚度。
5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述第二厚度基本上为零。
6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述第一接触角的值小于 50° 。
7. 如权利要求 1 所述的方法,所述方法还包括在所述第二压印流体与所述模板相接触之后使所述第二压印流体固化。
8. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述模板是压印光刻模板。
9. 一种方法,其包括:
确定在第一基板上模拟的表面活性剂富集区内的第一和第二表面活性剂液体的第一接触角,所述第一和第二表面活性剂液体具有不同的物理特性;
确定在第二基板上模拟的表面活性剂损耗区内的所述第一和第二表面活性剂液体各自的第二接触角;
根据所述第一和第二接触角的作用,选择所述第一和第二表面活性剂液体中的一种,用于压印过程。
10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,所述确定模拟的表面活性剂富集区内的第一接触角包括:
用表面活性剂溶液清洗所述第一基板;
将压印流体分配到所述第一基板上,以形成模拟的表面活性剂富集区,所述压印流体由可聚合材料和第三表面活性剂液体形成;和
测量所述模拟的表面活性剂富集区内的第一接触角。
11. 如权利要求 10 所述的方法,所述方法还包括用测角计测量所述第一接触角。
12. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,所述确定模拟的表面活性剂损耗区内的测得接触角包括:
用溶剂清洗第二测试基板;
将压印流体分配到所述第二测试基板上,以形成模拟的表面活性剂损耗区,所述压印流体由可聚合材料和表面活性剂液体形成;和
测量所述模拟的表面活性剂损耗区内的接触角。

13. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,所述第二接触角是用测角计测量的。

14. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,对于选定的所述第一和第二表面活性剂液体中的一种,所述模拟的表面活性剂富集区内的所述第一接触角大于所述模拟的表面活性剂损耗区内的所述第二接触角。

15. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,对于选定的所述第一和第二表面活性剂液体中的一种,所述模拟的表面活性剂富集区内的所述第一接触角小于所述模拟的表面活性剂损耗区内的所述第二接触角。

16. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,对于选定的第一和第二表面活性剂液体、或者它们中的一种,所述模拟的表面活性剂富集区内的所述第一接触角基本上类似于所述模拟的表面活性剂损耗区内的所述第二接触角。

17. 如权利要求 9 所述的方法,所述方法还包括:

将模板定位成与第三基板叠置;和

将由第一可聚合材料和选定的所述第一和第二表面活性剂液体中的一种形成的第一压印流体,分配到所述第三基板的表面上。

18. 如权利要求 17 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

使所述模板与所述第一压印流体相接触,使得选定的所述第一和第二表面活性剂液体中的一种的至少一部分与所述模板相接触,从而在所述模板的表面上形成至少一个表面活性剂富集区和至少一个表面活性剂损耗区。

19. 如权利要求 18 所述的方法,所述方法还包括:

将第二压印流体以第一液滴图案分配到第四基板上;

使所述模板与所述第四基板上的第二压印流体相接触;

使所述第二压印流体固化,以形成图案化的层;和

从所述模板分离所述图案化的层。

20. 如权利要求 19 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

将第三压印流体以第二液滴图案分配到第五基板上,所述第二液滴图案提供所述第一液体图案的液滴转移图案,并能在与所述第五基板接触的期间,提供选定的所述第一和第二表面活性剂液体中的一种在所述模板上基本上均匀的分布;和

使所述模板与沉积在所述第五基板上的第三压印流体相接触。

21. 一种确定模板与可聚合材料之间的润湿特性的方法,该方法包括:

将第一压印流体的第一液滴图案分配到第一基板上,所述第一基板与模板叠置;

使所述模板与所述第一压印流体的第一液滴图案相接触以压印和提供第一图案化的层;

从所述第一图案化的层分离所述模板,其中所述模板的表面包括至少一个表面活性剂富集区和至少一个表面活性剂损耗区;

将第二压印流体的第二液滴图案分配到第二基板上,所述第二液滴图案能够在所述模板与所述第二压印流体的第二液滴图案相接触的过程中,在所述模板的表面活性剂富集区内提供至少一滴第二压印流体;和

使所述模板与所述第二压印流体的第二液滴图案相接触,以压印和提供第二图案化的层。

22. 如权利要求 21 所述的方法,其特征在于,所述表面活性剂富集区内所述模板与所述第二压印流体之间的第一接触角,小于所述表面活性剂损耗区内所述模板与所述第二压印流体之间的第二接触角。

23. 如权利要求 21 所述的方法,其特征在于,所述表面活性剂富集区内所述模板与所述第二压印流体之间的第一接触角,大于所述表面活性剂损耗区内所述模板与所述第二压印流体之间的第二接触角。

24. 如权利要求 21 所述的方法,其特征在于,所述模板是压印光刻模板。

多重表面上的接触角衰减

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2008 年 12 月 17 日提交的美国专利申请序列号 12/336,821 和 2007 年 12 月 18 日提交的美国临时专利申请序列号 61/014,574 的优先权,这两份申请的内容被纳入本文作为参考。

技术背景

[0003] 纳米制造包括制造极小的结构,例如具有 100 纳米级或更小的特征的结构。纳米制造产生显著影响的一个领域是集成电路的制造。随着半导体加工工业持续地力求获得更高的生产率,同时增加每单位面积基片上形成的电路数量,因此纳米制造变得越来越重要。纳米制造提供了更高的工艺控制,同时允许更大程度地减小形成结构的最小特征尺寸。已经应用纳米制造的其它研发领域包括生物技术、光学技术、机械系统等。

[0004] 一种示例性的纳米制造技术通常被称为压印光刻。示例性的压印光刻法在大量公开出版物中进行了详细描述,例如参见美国专利申请公开第 2004/0065976 号,美国专利申请公开第 2004/0065252 号,以及美国专利第 6,936,194 号,所有这些专利都参考结合入本文中。

[0005] 上述这些美国专利申请公开和美国专利中所述的压印光刻技术都包括了在可成形(可聚合)的层中形成浮雕图案,并将与所述浮雕图案对应的图案转移到下面的基板中。所述基板可以与操作台相连接,以获得促进图案化加工所需的定位。所述图案化加工使用与基板隔开的模板,可成形液体被施加在模板和基板之间。所述可成形液体被固化,形成其中记录有图案的刚性层,所述图案与同所述可成形液体接触的模板的表面形状一致。固化之后,将所述模板从刚性层上分离,使得模板和基板分开。然后对基板和固化的层进行另外的加工,以将对应于所述固化层中的图案的浮雕图案转移到所述基板中。

附图说明

[0006] 为了更详细地理解本发明,结合附图所示的实施方式,对本发明的实施方式进行了描述。但是,需要注意的是,附图仅仅显示了本发明的常规实施方式,因此本发明不限于此。

[0007] 图 1 示出了根据本发明一种实施方式的光刻系统的简化侧视图。

[0008] 图 2 显示了图 1 所示基板的简化侧视图,所述基板上具有图案化的层。

[0009] 图 3A-3C 示出了采用含可聚合材料和表面活性剂液体的压印流体处理的模板的简化侧视图。

[0010] 图 4A-4C 示出了其上沉积有表面活性剂溶液和压印流体的测试基板的简化侧视图。

[0011] 图 5A-5C 示出了其上沉积有溶剂和压印流体的测试基板的简化侧视图。

[0012] 图 6 示出了用于在模板和可聚合材料之间提供合适的润湿特性的示例性方法的流程图。

[0013] 图 7A-7B 分别示出了采用第一液滴图案压印后,表面活性剂损耗区 SDR 和表面活性剂富集区 SRR 的简化侧视图和俯视图。

[0014] 图 8 示出了用于在模板和可聚合材料之间提供合适的润湿特性的另一种示例性方法的流程图。

发明内容

[0015] 参考附图,尤其是图 1,显示了用来在基板 12 上形成浮雕图案的光刻系统 10。基板 12 可以与基板卡盘 14 相连。如图所示,基板卡盘 14 是真空卡盘。但是,基板卡盘 14 可以是任意的卡盘,包括但不限于真空卡盘、销钉型卡盘、沟槽型卡盘、静电卡盘、电磁卡盘等。在美国专利第 6,873,087 号中描述了示例性的卡盘,该专利参考结合入本文中。

[0016] 基板 12 和基板卡盘 14 可以进一步被平台 16 所支承。平台 16 可以提供沿 x 轴、y 轴和 z 轴的运动,平台 16、基板 12 和基板卡盘 14 也可以设置在底座上(图中未显示)。

[0017] 模板 18 与基板 12 隔开放置。模板 18 可以包括从该模板向着基板 12 延伸的台块 20,台块 20 之上具有图案化的表面 22。另外,可以将台块 20 称作模具 20。或者,模板 18 可以没有台块 20。

[0018] 模板 18 和 / 或模具 20 可以由以下的材料形成,包括但不限于:熔融氧化硅、石英、硅、有机聚合物、硅氧烷聚合物、硼硅酸盐玻璃、氟碳聚合物、金属、硬化蓝宝石等。如图所示,图案化表面 22 包括由多个隔开的凹槽 24 和 / 或凸起件 26 限定的特征结构(feature),但是本发明的实施方式不限于这样的设计。图案化表面 22 可以限定任意初始图案,该初始图案形成要形成于基板 12 上的图案的基础。

[0019] 模板 18 可以与卡盘 28 相连接。卡盘 28 可以设计成真空卡盘、销钉型卡盘、沟槽型卡盘、静电卡盘、电磁卡盘、以及 / 或者其它类似种类的卡盘,但是不限于这些。在美国专利第 6,873,087 号中描述了示例性的卡盘,该专利参考结合入本文中。另外,卡盘 28 可以与压印头 30 相连,使得卡盘 28 和 / 或压印头 30 可以构造成促进模板 18 的移动。

[0020] 系统 10 还可以包括流体分配系统 32。流体分配系统 32 可以用来在基板 12 上沉积可聚合材料 34。可以使用以下的技术将可聚合材料 34 施加于基板 12 之上,例如液滴分配、旋涂、浸涂、化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)、薄膜沉积、厚膜沉积等。根据设计构思,可以在模具 20 和基板 12 之间形成所需体积之前和 / 或之后,将可聚合材料 34 施加于基板 12 上。可聚合材料 34 可以包括如美国专利第 7,157,036 号以及美国专利申请公开第 2005/0187339 号所述的单体混合物,这两篇文献都参考结合入本文中。

[0021] 参见图 1 和图 2,系统 10 可以进一步包括沿线路 42 与直接能源 40 相连的能源 38。压印头 30 和平台 16 可以构造成将模板 18 和基板 12 定位成与线路 42 相叠置。可以使用处理器 54 来调节系统 10,所述处理器 54 与平台 16、压印头 30、流体分配系统 32 和 / 或能源 38 相连,可以使用储存在存储器 56 中的计算机可读程序进行操作。

[0022] 压印头 30、平台 16 或者这两者改变模具 20 和基板 12 之间的距离,用来在其之间限定所需的体积,该体积将被可聚合材料 34 填充。例如,压印头 30 可以对模具 18 施加作用力,使得模具 20 与可聚合材料 34 相接触。在所需体积被可聚合材料 34 填充之后,能源 38 产生能量 40,例如紫外辐射,使得可聚合材料 34 固化和 / 或交联,并且与基板 12 的表面 44 的形状相一致,并使表面 22 图案化,在基板 12 上形成图案化的层 46。图案化的层 46 可

能包括残余的层 48 以及大量的特征结构,图中显示为凸起件 50 和凹陷 52,凸起件 50 的厚度为 t_1 ,残余层的厚度为 t_2 。

[0023] 上述系统和方法可以进一步使用以下文献所述的压印光刻工艺和系统实施:美国专利第 6,932,934 号,美国专利申请公开第 2004/0124566 号,美国专利申请公开第 2004/0188381 号,以及美国专利申请公开第 2004/0211754 号,这些文献都参考结合入本文中。

[0024] 在另一实施方式中,可使用以下技术实施上述系统和方法,这些技术包括但不限于:光刻(例如,各种波长包括 G 线、I 线、248nm、193nm、157nm 和 13.2-13.4nm)、接触光刻、电子束光刻、x-射线光刻、离子束光刻、原子光刻等。

[0025] 目前,在本领域内,用表面活性剂分子处理模板 18 是以稀释的喷涂表面活性剂/溶剂溶液的方式进行。在使用稀释的喷涂表面活性剂/溶剂溶液的过程中,通常难以获得表面活性剂分子在模板上的精确分布。

[0026] 图 3A-3C 示出了实现表面活性剂在模板 18 上精确分布以提供以下两个区域的一个示例性实施方式的简化侧视图:表面活性剂富集区 SRR 和表面活性剂损耗区 SDR。通常,通过使模板 18 与沉积在基板 12 上的表面活性剂(例如表面活性剂液体 60)接触处理模板 18,从而控制表面活性剂液体 60 的分布,以提供表面活性剂富集区 SRR 和表面活性剂损耗区 SDR。控制分布可进一步实现对表面活性剂富集区 SRR 内的接触角 Θ_{SRR} 值以及表面活性剂损耗区 SDR 内的接触角 Θ_{SDR} 值的控制。这样,表面活性剂富集区 SRR 内的接触角 Θ_{SRR} 和表面活性剂损耗区 SDR 内的接触角 Θ_{SDR} 可适用于不同应用,提供 $\Theta_{SRR} > \Theta_{SDR}$; $\Theta_{SRR} < \Theta_{SDR}$; 和 / 或 $\Theta_{SRR} \approx \Theta_{SDR}$ 。此外,通过改变表面活性剂液体 60 的组成,可控制接触角 Θ_{SRR} 和 / 或 Θ_{SDR} 以适应不同的应用,提供 $\Theta_{SRR} > \Theta_{SDR}$; $\Theta_{SRR} < \Theta_{SDR}$; 和 / 或 $\Theta_{SRR} \approx \Theta_{SDR}$ 。

[0027] 参考图 3A,模板 18 的表面 62 最初基本上不含表面活性剂液体 60。或者,模板 18 的表面 62 经过预处理。例如,可用上述稀释的喷涂表面活性剂/溶剂溶液预处理模板 18 的表面 62。

[0028] 为向模板 18 提供表面活性剂液体 60,可将压印流体 58 沉积到基板 12 上。压印流体 58 可包括但不限于可聚合材料 34 和表面活性剂液体 60。可聚合材料 34 可由几种不同类型的本体(bulk)材料形成。例如,可聚合材料 34 可由以下本体材料制成,这些材料包括但不限于:乙烯醚、甲基丙烯酸酯、环氧树脂、硫醇-烯和丙烯酸酯等。本体材料在美国专利 7,307,118 中进一步详细描述,该专利的内容被纳入本文作为参考。

[0029] 一旦压印流体 58 沉积到基板 12,通常,表面活性剂液体 60 就可迁移至液/气界面。这样,通过使模板 18 定位成与压印流体 58 相接触,如图 3B 所示,至少一部分模板 18 的表面 62 就可以被表面活性剂液体 60 处理。

[0030] 通常,用表面活性剂液体 60 处理之后,模板 18 的表面 62 可限定出表面活性剂富集区 SRR 和 / 或表面活性剂损耗区 SDR,如图 3C 所示。表面活性剂富集区 SRR 可包括一层表面活性剂液体 60,其厚度为 t_3 。例如,该层表面活性剂液体 60 的厚度 t_3 约为 0.2-5nm。表面活性剂损耗区 SDR 可包括一层表面活性剂液体 60,其厚度为 t_4 。通常,与表面活性剂富集区 SRR 的厚度 t_3 相比,表面活性剂损耗区 SDR 的厚度 t_4 显著降低。例如,表面活性剂损耗区的厚度 t_4 可以是零或接近零。

[0031] 表面活性剂液体 60 在模板 18 的分布可提供表面活性剂富集区 SRR 处的接触角 Θ_{SRR} 和表面活性剂损耗区 SDR 处的接触角 Θ_{SDR} , 为 $\Theta_{\text{SRR}} > \Theta_{\text{SDR}}$; $\Theta_{\text{SRR}} < \Theta_{\text{SDR}}$; 和 / 或 $\Theta_{\text{SRR}} \approx \Theta_{\text{SDR}}$ 。通常, 表面活性剂富集区 SRR 处的接触角 Θ_{SRR} 比表面活性剂损耗区 SDR 处的接触角 Θ_{SDR} 小约 55° 。

[0032] 而且, 表面活性剂液体 60 的组成可提供各种接触角; 可选择表面活性剂液体 60 以提供表面活性剂富集区 SRR 处的近似接触角 Θ_{SRR} 和表面活性剂损耗区 SDR 处的近似接触角 Θ_{SDR} 。这样, 表面活性剂液体 60 的选择可实现 $\Theta_{\text{SRR}} > \Theta_{\text{SDR}}$ 、 $\Theta_{\text{SRR}} < \Theta_{\text{SDR}}$ 、和 / 或 $\Theta_{\text{SRR}} \approx \Theta_{\text{SDR}}$, 取决于应用的设计构思。

[0033] 示例性的表面活性剂 (例如表面活性剂液体 60) 可包括诸如氟-脂族聚合酯、聚氧乙烯的氟表面活性剂、聚烷基醚的氟表面活性剂、氟烷基聚醚等表面活性剂组分。示例性的表面活性剂组分在美国专利 3, 403, 122、美国专利 3, 787, 351、美国专利 4, 803, 145、美国专利 4, 835, 084、美国专利 4, 845, 008、美国专利 5, 280, 644、美国专利 5, 747, 234、美国专利 6, 664, 354 和美国专利 2006/0175736 中进一步描述, 这些专利的内容被纳入本文作为参考。

[0034] 示例性的市售表面活性剂组分包括但不限于: 营业所位于特拉华州威尔明顿 (Wilmington) 的杜邦公司生产的 ZONYL®FSO、ZONYL®FSO-100、ZONYL®FSN-100 和 ZONYL®FS-300; 营业所位于明尼苏达州梅普尔伍德 (Maplewood) 的 3M 公司生产的 FC-4432、FC-4430 和 FC-430; 营业所位于伊利诺斯州阿林顿 (Arlington Heights) 的梅森化学公司 (Mason) 生产的玛塞 (MASURF)®FS425、玛塞®FS1700、玛塞®FS2000、玛塞®FS1239; 营业所位于瑞士巴塞尔的汽巴-吉瑞联合公司 (Ciba-Geigy Corporation) 生产的劳达 (Lodyne) S-107B、劳达 S-220N; 营业所位于日本大阪基塔科 (Kita-ku) 的大金公司生产的优尼恩 (Unidyne) NS1602、优尼恩 NS1603、优尼恩 NS1606a; 营业所位于日本丘奥日本帕斯科 (Nihonbaski, Chuo) 的戴尼普 (Dainippon) 油墨与化学公司生产的莫格非斯 (MegaFace) R-08。

[0035] 可通过接触角分析进行表面活性剂 (例如表面活性剂液体 60) 的选择。接触角分析可包括在模拟的表面活性剂富集区 SRR_{SIM} 和 / 或模拟的表面活性剂损耗区 SDR_{SIM} 上进行接触角的模拟测试。

[0036] 参考附图 4A-4C, 通过在测试基板 72 上用测角计 70 测量, 实现在模拟表面活性剂富集区上 SRR_{SIM} 上的接触角分析。测试基板 72 可以由基本上类似于模板 18 的材料形成。例如, 测试基板 72 可以由熔凝氧化硅形成。此外, 测试基板 72 可以具有这样的尺寸: 其基本上类似于模板 18, 以适应至少一个模拟的表面活性剂富集区 SRR_{SIM} 。

[0037] 测试基板 72 可以经过清洁、烘干并储存在氮气盒中。如图 4A 所示, 用表面活性剂溶液清洗测试基板 72 以形成厚度 t_5 的薄膜 74。表面活性剂溶液可以是稀释的表面活性剂溶液。例如, 表面活性剂溶液可以由一定重量百分率的表面活性剂分子在异丙醇 (IPA) 中形成的溶液。表面活性剂溶液中的表面活性剂分子可类似于表面活性剂液体 60 内的表面活性剂分子。测试基板 72 上的表面活性剂溶液的薄膜 74 可干燥, 和 / 或大部分薄膜 74 可蒸发以降低厚度 t_5 , 如图 4B 所示。例如, 蒸发之后, 厚度 t_5 可基本为零, 表面活性剂溶液内的 IPA 基本上蒸发。

[0038] 参考图 4C, 压印流体 58 的液滴可沉积到测试基板 72 上以形成模拟的表面活性剂

富集区 SRR_{SIM} 。每一滴压印流体 58 的体积为 V_D 。例如,每一滴的体积 V_D 可约为 $5 \mu L$ 。体积 V_D 可包括可聚合材料 34 和表面活性剂液体 60。表面活性剂液体 60 可包含与表面活性剂溶液 74 相比类似的表面活性剂分子。或者,表面活性剂液体 60 可包含与表面活性剂溶液 74 相比不同的表面活性剂分子。

[0039] 可以在测试基板 72 上的多个位置测量测试基板 72 上压印流体 58 的接触角。例如,可以用测角计 70 在多个位置(例如 7 个位置)测量压印流体 58 的接触角。将多个位置的接触角取平均值,得到模拟的表面活性剂富集区 SRR_{SIM} 上接触角 θ_{R-SIM} 的大小。

[0040] 参考附图 5A-5C,通过在测试基板 72a 上用测角计 70 测量,可以提供在模拟的表面活性剂损耗区上 SDR_{SIM} 上的接触角分析。测试基板 72a 可由基本上类似于模板 18 的材料形成和/或由基本上类似于测试基板 72 的材料构成。例如,测试基板 72a 可由熔凝氧化硅形成。此外,测试基板 72a 的大小可以是:基本上类似于模板 18 和/或大小适应至少一个模拟的表面活性剂损耗区 SDR_{SIM} 。

[0041] 类似于图 4 的测试基板 72,图 5A 中的测试基板 72a 可以经过清洁、烘干并储存在氮气盒中。然后,用溶剂(例如 IPA)清洗测试基板 72a,以提供厚度 t_6 的薄膜 78。测试基板 72a 上的溶剂薄膜 78 可经过干燥和/或至少一部分溶剂薄膜 78 可蒸发以降低厚度 t_6 ,如图 5B 所示。例如,大部分 IPA 蒸发后厚度 t_6 可基本为零。

[0042] 参考图 5C,压印流体 58 的液滴可沉积到测试基板 72a 上,以形成模拟的表面活性剂损耗区 SDR_{SIM} 。每一滴压印流体 58 的体积为 V_{D2} 。例如,每一滴的体积 V_{D2} 可约为 $5 \mu L$ 。体积 V_{D2} 可基本上类似于图 4 所示测试基板 72 上液滴的体积 V_D 。图 5C 中测试基板 72a 上液滴的体积 V_{D2} 可包含可聚合材料 34 和表面活性剂液体 60。

[0043] 可以在测试基板 72a 上的多个位置测量测试基板 72a 上压印流体 58 的接触角。例如,可以用测角计 70 在多个位置(例如 7 个位置)测量压印流体 58 的接触角。将多个位置的接触角取平均值,得到模拟的表面活性剂损耗区 SDR_{SIM} 上接触角 θ_{D-SIM} 的大小。

[0044] 沉积到测试基板 72a 上的压印流体 58 内表面活性剂液体 60 的变化可实现对模拟的表面活性剂富集区 SRR_{SIM} 和/或模拟的表面活性剂损耗区 SDR_{SIM} 内的接触角的控制,从而实现压印期间对表面活性剂富集区 SRR 和表面活性剂损耗区 SDR 的控制。例如,包含约 0.17% FCC4432 和 0.33% FC4430 以及可聚合材料 34 的表面活性剂液体 60 形成的压印流体 58 可以提供的 θ_{R-SIM} 约为 20° , θ_{D-SIM} 约为 22° ,使得 $\theta_{R-SIM} \approx \theta_{D-SIM}$ 。在另一个实施方式中,包含约 0.5% R-08 和可聚合材料 34 的表面活性剂液体 60 形成的压印流体 58 可以提供的 θ_{R-SIM} 约为 15° , θ_{D-SIM} 约为 22° ,使得 $\theta_{R-SIM} < \theta_{D-SIM}$ 。在另一个实施方式中,包含约 0.5% FS200 和可聚合材料 34 的表面活性剂液体 60 形成的压印流体 58 提供的 θ_{R-SIM} 约为 18° , θ_{D-SIM} 约为 10° ,使得 $\theta_{R-SIM} > \theta_{D-SIM}$ 。

[0045] 控制接触角以提供合适的润湿特性

[0046] 图 6 示出了用于在模板 18 和可聚合材料 34 之间提供合适的润湿特性的示例性方法 300 的流程图。通过控制接触角 θ_{SRR} 和 θ_{SDR} 可得到合适的润湿特性。例如,通过使用由模拟的表面活性剂富集区 SRR_{SIM} 和模拟的表面活性剂损耗区 SDR_{SIM} 的接触角分析得到的结果,可选择提供近似接触角 θ_{R-SIM} 和 θ_{D-SIM} 的表面活性剂液体 60,使得 $\theta_{SRR} > \theta_{SDR}$ 。然后,控制表面活性剂液体 60 在模板 18 上的施加,从而在模板 18 上提供表面活性剂富集区 SRR 和表面活性剂损耗区 SDR 。与表面活性剂富集区 SRR 内的接触角 θ_{SRR} 相比,模板 18 上表面

活性剂损耗区 SDR 内的接触角 Θ_{SDR} 降低,为可聚合材料 34 提供润湿表面活性剂损耗区 SDR 的额外驱动力。这样,压印期间图案化的层 46 内形成的空隙(如图 2 所示)显著减少。

[0047] 在步骤 302 中,可提供多种表面活性剂溶液 74 和 / 或多种表面活性剂液体 60。在步骤 304 中,可以确定用表面活性剂液体 74 清洗的测试基板 72 上模拟的表面活性剂富集区 SRR_{STM} 中每种表面活性剂液体 60 的接触角 $\Theta_{\text{R-SIM}}$ 。可选地,可采用表面活性剂液体 60 和表面活性剂溶液 74,由现有测试,基于参比文献(例如数据库),确定接触角 $\Theta_{\text{R-SIM}}$ 。在步骤 306,可以确定用溶剂 78 清洗的测试基板 72a 上模拟的表面活性剂损耗区 SDR_{STM} 中每种表面活性剂液体 60 的接触角 $\Theta_{\text{D-SIM}}$ 。可选地,可采用表面活性剂液体 60 和溶剂 74,由现有测试,基于参比文献(例如数据库)确定接触角 $\Theta_{\text{D-SIM}}$ 。在步骤 308,可以确定适用于压印的表面活性剂液体 60。例如,可选择提供 $\Theta_{\text{SRR}} > \Theta_{\text{SDR}}$ 的表面活性剂液体 60。在步骤 310,可将由可聚合材料 34 和表面活性剂液体 60 形成的压印材料 58 沉积到基板 12 上。应注意,可将表面活性剂液体 60 直接施加到模板 18 上,而不需要在模板 18 与可聚合材料 34 接触之前,直接添加到可聚合材料 34 中。通常,压印流体 58 内的表面活性剂液体 60 可以朝气 / 液界面迁移。在步骤 312,模板 18 可接触压印流体 58,使得至少一部分的表面活性剂液体 60 保留在模板 18 的表面 62 上以形成至少一个表面活性剂富集区 SRR 和至少一个表面活性剂损耗区 SDR。压印期间,在至少一个表面活性剂富集区 SRR 内提供的近似接触角 Θ_{SRR} 可以小于、大于、或者基本上类似于压印期间至少一个表面活性剂损耗区内的近似接触角 Θ_{SDR} 。在步骤 314,可聚合材料 34 可固化而形成图案化的层 46。

[0048] 利用接触角分析的液滴图案转移应用

[0049] 如图 3A-3C 所示,模板 18 上表面活性剂的分布可提供两个区域:表面活性剂富集区 SRR 和表面活性剂损耗区 SDR。在该阶段期间,模板 18 上的表面活性剂富集区 SRR 基本上位于模板 18 与压印流体 58 的接触点位置。在填充模具 20 和基板 12 之间的所需体积的过程中,如图 7A 和 7B 所示,随着模板 18 接触压印流体 58 并且压印流体 58 扩散在基板 12 的表面 44,压印流体 58 内的表面活性剂液体 60 可迁移至气 / 液界面。这样,表面活性剂液体 60 可以在模板 18 的局部区域内聚集,在液滴位置 80 形成表面活性剂损耗区 SDR,而在液滴位置 80 之间形成表面活性剂富集区 SRR。液滴位置 80 之间的表面活性剂富集区 SRR 通常形成间隙区域而产生空隙。

[0050] 液滴转移甚至会移出模板 18 上的表面活性剂分布之外。例如,图 7B 示出了在第一液滴图案压印之后的表面活性剂损耗区 SDR 和表面活性剂富集区 SRR。在随后的压印过程中,可利用第二液滴图案在相对于第一液滴图案的转移位置提供液滴位置 80。在随后的液滴图案中,液滴 80 的转移位置可以定位成:使得至少一个压印流体 58 的液滴 80 在表面活性剂富集区 SRR 接触模板 18。

[0051] 在多个基板 12 的压印期间,可连续或零星地使用液滴转移图案化。例如,可利用第一液滴图案来压印,然后是一个或多个液滴转移图案。可选地,可多次使用第一液滴图案,然后使用一个或多个液滴转移图案。以类似的方式,第一液滴图案可使用一次,然后是多次使用一个或多个液滴转移图案。

[0052] 而且,相对于表面活性剂富集区 SRR 的接触角 Θ_{SRR} ,通过降低表面活性剂损耗区 SDR 的接触角 Θ_{SDR} 使得 $\Theta_{\text{SRR}} > \Theta_{\text{SDR}}$,表面活性剂损耗区 SDR 较小的接触角 Θ_{SDR} 可为可聚合材料 34 提供润湿和填充表面活性剂损耗区 SDR 的额外驱动力。

[0053] 图 8 示出了采用液滴图案转移在模板和可聚合材料之间提供合适的润湿特性的另一种示例性方法 400 的流程图。在步骤 402, 可提供多种表面活性剂溶液 74 和 / 或多种表面活性剂液体 60。在步骤 404, 可以确定用表面活性剂溶液 74 清洗的测试基板 72 上模拟的表面活性剂富集区 SRR_{SIM} 中每种表面活性剂液体 60 的接触角 Θ_{R-SIM} 。在步骤 406, 可以确定用溶剂 78 清洗的测试基板 72a 上模拟的表面活性剂损耗区 SDR_{SIM} 中每种表面活性剂液体 60 的接触角 Θ_{D-SIM} 。在 408, 可以选择能够提供合适的接触角的表面活性剂液体 60。例如, 可选择提供接触角 $\Theta_{SRR} > \Theta_{SDR}$ 的表面活性剂液体 60。

[0054] 在步骤 410, 可将由可聚合材料 34 和表面活性剂液体 60 形成的压印材料 58 以第一图案分配到基板 12 上。通常, 压印流体 58 中的表面活性剂液体 60 可以朝气 / 液界面迁移。在步骤 412, 模板 18 可接触压印流体 58。在步骤 414, 压印流体 58 可以被固化形成第一图案化的层 46。在步骤 416, 使模板 18 与第一图案化的层 46 分离, 分离时模板 18 具有表面活性剂富集区 SRR 和表面活性剂损耗区 SDR 。

[0055] 在步骤 418, 将由可聚合材料 34 和表面活性剂液体 60 形成的压印材料 58 以第二液滴图案分配到第二基板 12 上。第二液滴图案可以基本上类似于第一液滴图案并转移位置 x 和 / 或位置 y , 使得至少一个液滴位置接触至少一个模板 18 的表面活性剂损耗区 SDR 。在步骤 420, 模板 18 可接触压印流体 58。在步骤 422, 压印流体 58 可以被固化形成第二图案化的层 46。第二图案化的层 46 中没有空隙或者空隙有限。

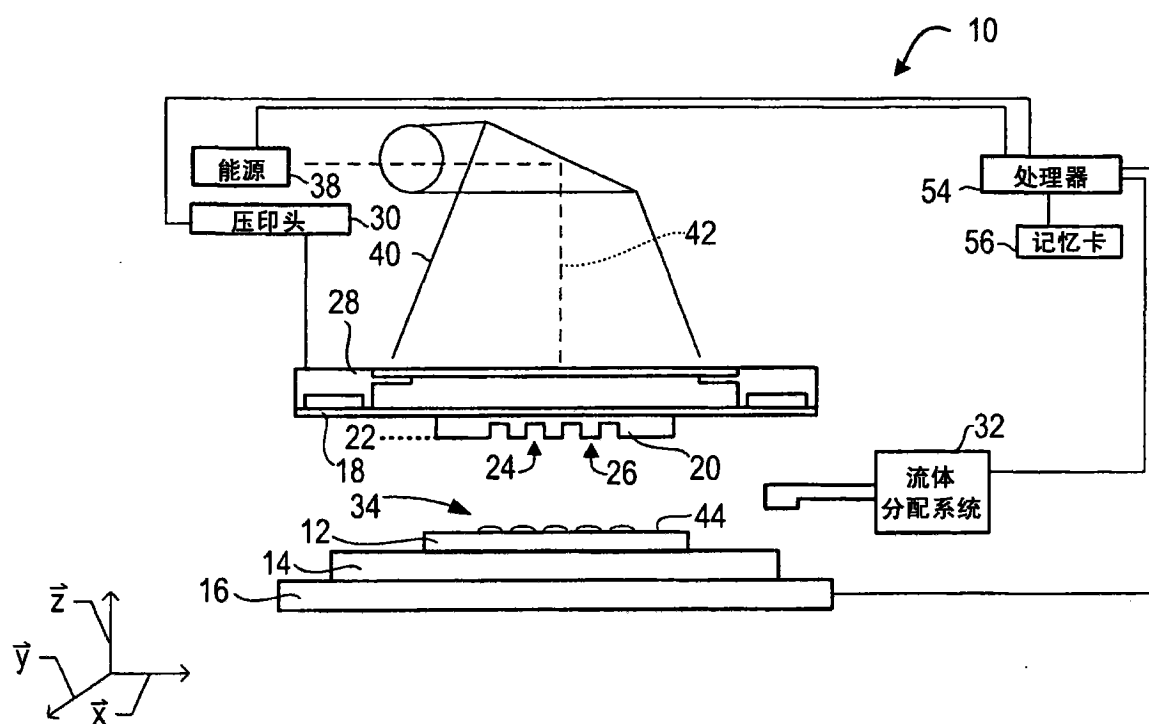


图 1

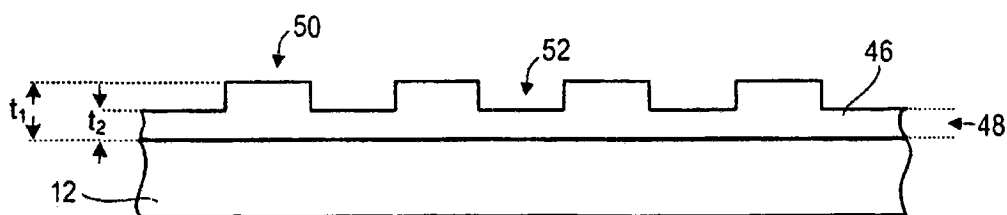


图 2

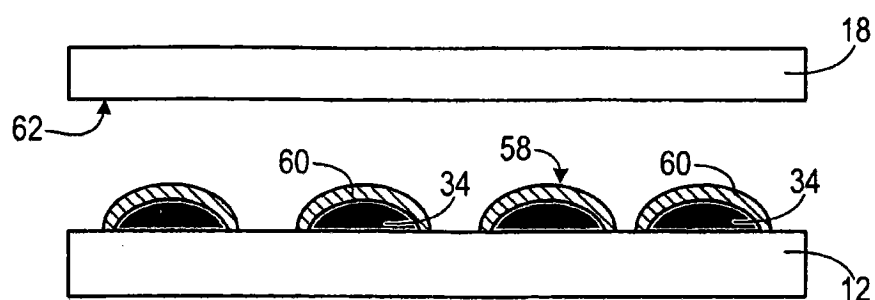


图 3A

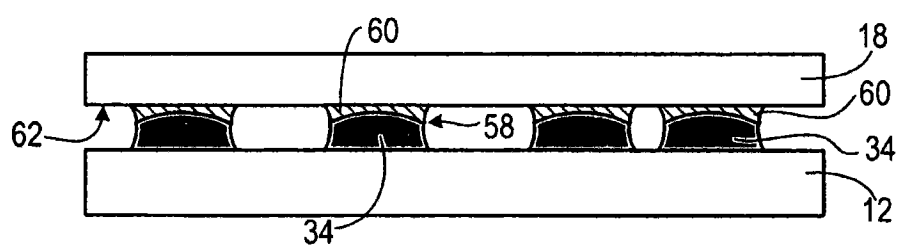


图 3B

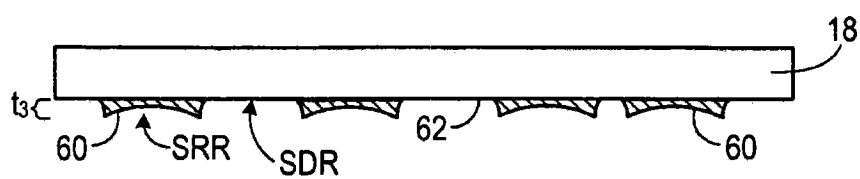


图 3C

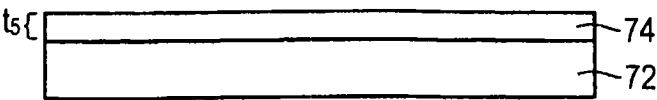


图 4A

蒸发

↓

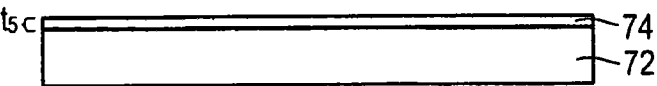


图 4B

↓

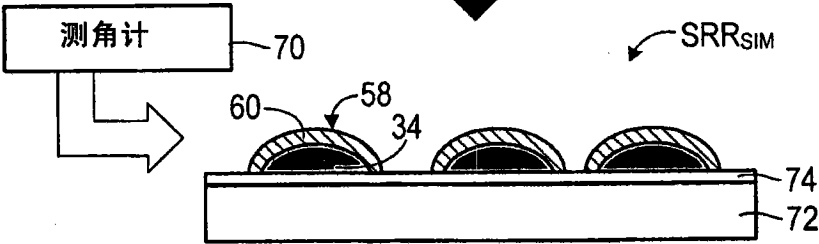


图 4C

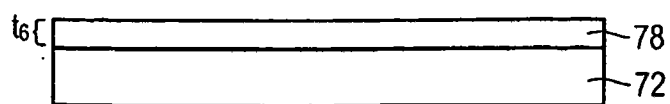


图 5A

蒸发
↓

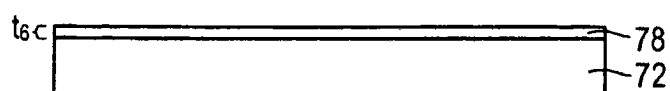


图 5B

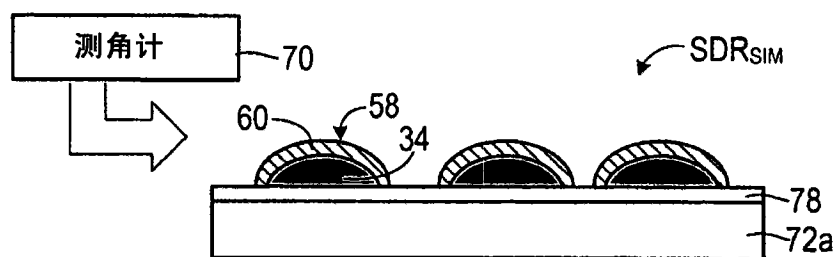


图 5C

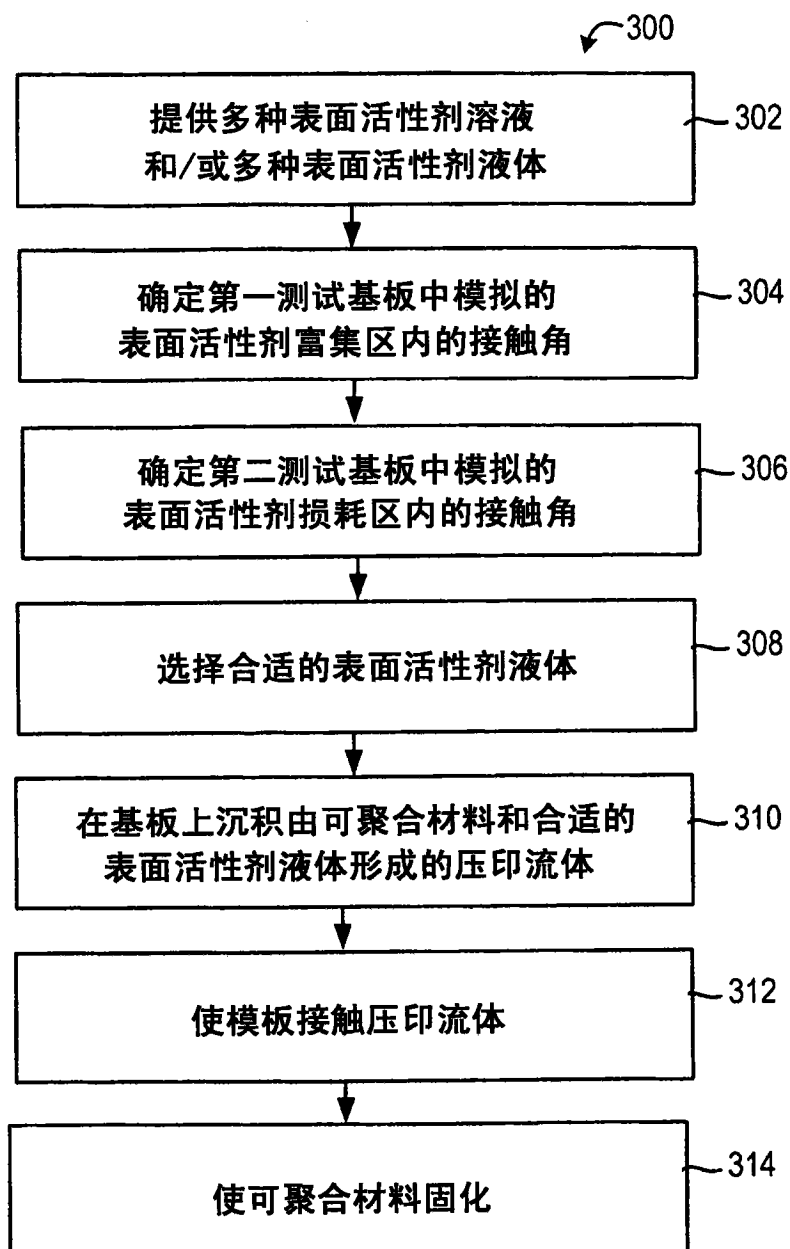


图 6

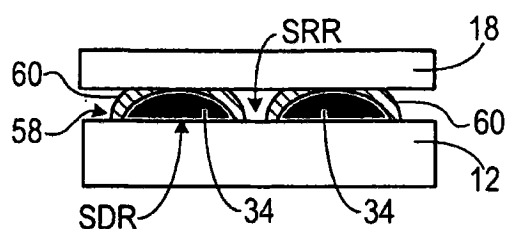


图 7A

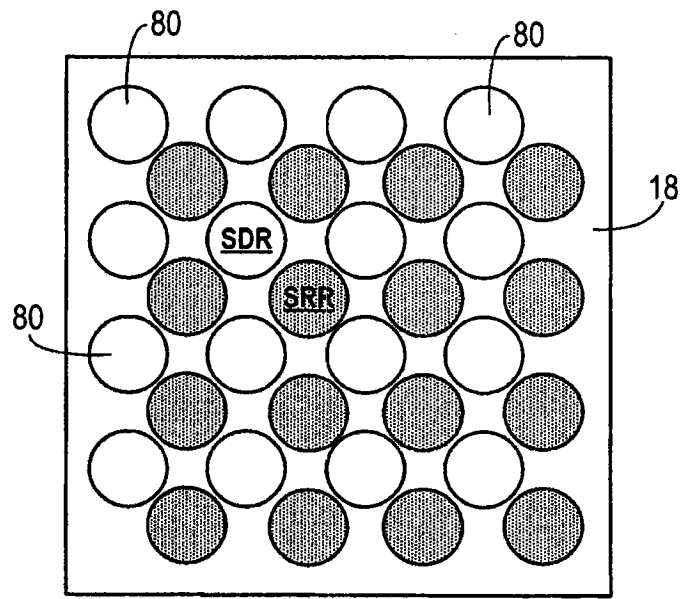


图 7B

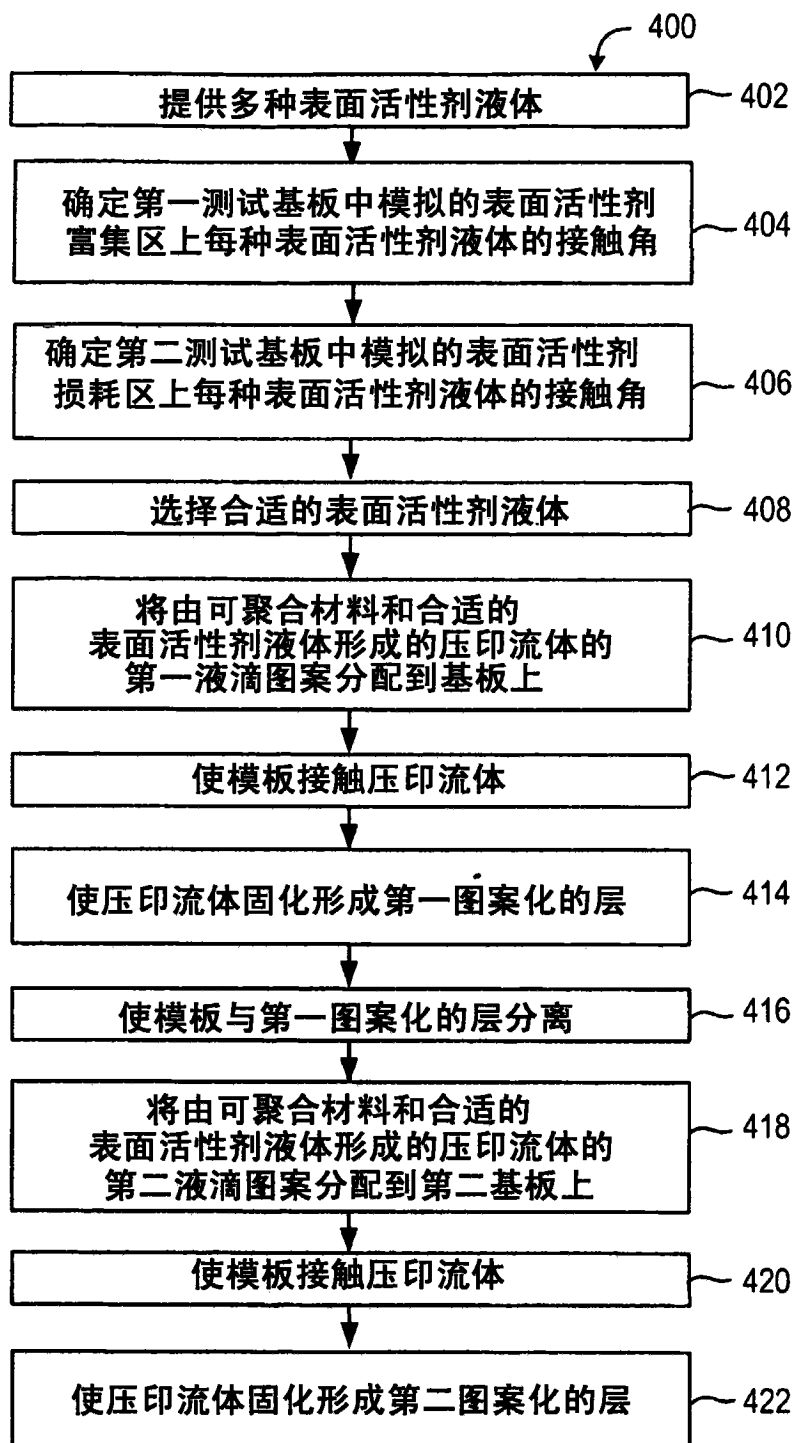


图 8