



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101884019 B

(45) 授权公告日 2012. 12. 26

(21) 申请号 200880119657. 2

(22) 申请日 2008. 12. 04

(30) 优先权数据

61/005, 297 2007. 12. 04 US

12/327, 618 2008. 12. 03 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 06. 03

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/013362 2008. 12. 04

(87) PCT申请的公布数据

W02009/073200 EN 2009. 06. 11

(73) 专利权人 分子制模股份有限公司

地址 美国得克萨斯州

(72) 发明人 吕晓明 P·D·苏马克

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 李玲

(51) Int. Cl.

G05B 19/18 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1726429 A, 2006. 01. 25,

US 2006/0245636 A1, 2006. 11. 02,

US 2007/0145639 A1, 2007. 06. 28,

US 2007/0018360 A1, 2007. 01. 25,

US 2007/0206169 A1, 2007. 09. 06,

US 2003/0142288 A1, 2003. 07. 31,

审查员 殷华宇

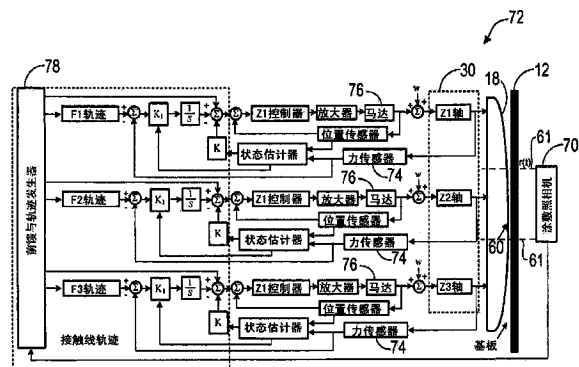
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 12 页

(54) 发明名称

基于接触线移动跟踪控制的高吞吐量刻印

(57) 摘要

描述了在刻印可聚合的材料期间用于控制模板与基板之间的接触线的速度以及高度分布的系统和方法。



1. 一种控制系统,在基板上刻印可聚合的材料期间所述控制系统控制模板与基板之间的接触线的速度以及高度分布,所述控制系统包括:

刻印头,所述刻印头具有多个致动器,能够向模板提供预定大小的力;

卡盘,所述卡盘位于模板附近并且能够向模板提供预定大小的压强,预定大小的力和预定大小的压强对模板提供施加的力和施加的压强,从而产生模板与基板之间的第一接触线速度以及模板与基板之间的第一高度分布;

至少一个力传感器,位于模板与基板之间并且能够对模板提供施加的力和施加的压强的第一信号;以及

控制器,所述控制器与力传感器、致动器和卡盘相连通,所述控制器能够接收来自力传感器的第一信号并且评估该第一信号以向致动器和卡盘提供第二信号,所述第二信号具有经调节过的力和经调节过的压强以提供模板与基板之间的第二接触线速度以及模板与基板之间的第二高度分布。

2. 如权利要求 1 所述的控制系统,还包括:

与所述控制器相连通的涂敷照相机,所述涂敷照相机向所述控制器提供第一接触线的至少一个图像,所述控制器能够评估所述图像和第一信号以提供经调节过的力和经调节过的压强。

3. 如权利要求 2 所述的控制系统,其特征在于,涂敷照相机包括与模板重叠的 LED 阵列,以穿过模板照亮基板。

4. 如权利要求 3 所述的控制系统,其特征在于,涂敷照相机包括用于提供图像的电荷耦合器件 (CCD)。

5. 如权利要求 2 所述的控制系统,其特征在于,所述控制器能够评估所述图像以提供模板与基板之间的接触线的第二速度。

6. 如权利要求 2 所述的控制系统,其特征在于,所述控制器能够评估所述图像以提供模板与基板之间的第二高度分布。

7. 一种用于在基板的表面上刻印可聚合的材料期间控制模板与基板之间的接触转移和相互符合过程的方法,所述方法包括:

设置模板与基板之间的距离;

通过刻印头向模板施加预定大小的力,所述预定大小的力被确定为提供模板与基板之间的第一接触线速度以及模板与基板之间的第一高度分布;

通过至少一个力传感器确定对模板施加的力;

通过力传感器提供第一信号,所述第一信号包含对模板施加的力;

通过控制器接收第一信号,所述第一信号包含对模板施加的力;

通过控制器确定经调节过的力,以提供模板与基板之间的第二接触线速度以及第二高度分布;

通过控制器提供第二信号,所述第二信号包含经调节过的力;

通过刻印头接收第二信号,所述第二信号包含经调节过的力;

通过刻印头对模板施加经调节过的力。

8. 如权利要求 7 所述的方法,还包括:

通过卡盘向模板施加预定大小的压强,所述预定大小的压强被确定为与预定大小的力

一起提供模板与基板之间的第一接触线速度以及模板与基板之间的第一高度分布；

通过至少一个力传感器确定对模板施加的压强；

通过力传感器提供第三信号，所述第三信号包含对模板施加的压强；

通过控制器接收第三信号，所述第三信号包含对模板施加的压强；

通过控制器确定经调节过的压强，以与经调节过的力一起提供模板与基板之间的第二接触线速度以及第二高度分布；

通过控制器提供第四信号，所述第四信号包含经调节过的压强；

通过卡盘接收第四信号，所述第四信号包含经调节过的压强；以及

通过卡盘对模板施加经调节过的压强。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，施加的力以及施加的压强是在相同的信号中提供的。

10. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，经调节过的力以及经调节过的压强是在相同的信号中提供的。

11. 如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，通过使用位于模板与基板之间多个位置处的力传感器，确定施加的力和压强。

12. 如权利要求 8 所述的方法，还包括：

通过涂敷照相机提供模板与基板之间的第一接触线的至少一个图像；以及

通过控制器接收模板与基板之间的第一接触线的图像，

其中，确定模板与基板之间的第二高度分布包括评估由涂敷照相机所提供的图像。

13. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，评估由涂敷照相机所提供的图像包括：

从所述图像中除去光强的高频噪声；

评估光强的直流值；

确定最大和最小强度调制；以及

评估最大和最小强度调制以确定相位变化。

14. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，确定模板与基板之间的第二接触线速度包括评估由涂敷照相机所提供的图像。

15. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于，评估由涂敷照相机所提供的图像包括：

确定估计的接触线的中心；

从所述图像中除去观察到的光强的高频噪声；

对所述图像中的最大和最小光强进行定位，以提供接触线的边缘的位置；

基于接触线的边缘的位置，确定估计的接触线的直径；以及

基于估计的接触线的中心以及估计的接触线的直径，提供接触线的映像。

16. 如权利要求 8 所述的方法，还包括：

调节模板的取向，使得对模板施加的经调节过的力和压强是在预定的误差窗口之内的。

17. 如权利要求 8 所述的方法，还包括：

使可聚合的材料固化。

18. 如权利要求 17 所述的方法，还包括：

减小由刻印头和卡盘所施加的经调节过的力和压强。

19. 如权利要求 18 所述的方法,其特征在于,经调节过的力和压强减小到零。

20. 如权利要求 19 所述的方法,其特征在于,在使可聚合的材料固化之前,减小经调节过的力和压强。

21. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于,模板与基板之间的接触转移和相互符合过程是以实时的方式直接执行的。

22. 一种用于在光刻系统中加载模板期间控制卡盘与模板之间的接触转移和相互符合过程的方法,所述方法包括:

设置卡盘与模板之间的距离;

通过刻印头向卡盘施加预定大小的力,所述预定大小的力被确定为提供卡盘与模板之间的第一接触线速度以及卡盘与模板之间的第一高度分布;

通过至少一个力传感器确定对卡盘施加的力的大小;

通过力传感器提供第一信号,所述第一信号包含对卡盘施加的力的大小;

通过控制器接收第一信号,所述第一信号包含对卡盘施加的力;

通过控制器确定经调节过的力,以提供卡盘与模板之间的第二接触线速度以及第二高度分布;

通过控制器提供第二信号,所述第二信号包含经调节过的力;

通过刻印头接收第二信号,所述第二信号包含经调节过的力;

通过刻印头向卡盘施加经调节过的力。

基于接触线移动跟踪控制的高吞吐量刻印

[0001] 有关申请的交叉参照

[0002] 本申请根据 35U. S. C. § 119(e) (1) 要求 2007 年 12 月 4 日提交的美国临时申请 61/005, 297 以及 2008 年 12 月 3 日提交的美国专利申请 12/327, 618 的权益, 这两份申请引用在此作为参考。

[0003] 背景信息

[0004] 纳米制造包括制造非常小的结构, 这种结构所具有的特征是在 100 纳米的量级或更小。纳米制造已具有相当大的影响的一种应用是在集成电路的处理过程中。半导体处理工业继续努力在增大基板上所形成的每单位面积的电路数目的同时获得更大的生产率, 因此, 纳米制造变得越来越重要。纳米制造提供了更大的过程控制, 同时允许继续减小所形成的结构的最小特征尺寸。已使用纳米制造的其它开发领域包括生物技术、光学技术、机械系统等。

[0005] 目前所使用的典型纳米制造技术常常被称为刻印光刻技术(imprintlithography)。典型的刻印光刻工艺在大量的出版物中都有详细描述, 比如美国专利公报 2004/0065976、美国专利公报 2004/0065252 和美国专利 6, 936, 194, 这些文献引用在此作为参考。

[0006] 上述美国专利公报和专利所揭示的刻印光刻技术包括: 在可成形的层(可聚合的)中形成凹凸图案; 以及将该凹凸图案所对应的图案转移到下面的基板中。该基板可以耦合到移动平台以获得期望的定位从而使图案化处理更容易。该图案化处理使用了与基板分开的模板以及涂在模板与基板之间的可成形的液体。该可成形的液体被固化以形成一刚性层, 该刚性层所具有的图案与接触该可成形的液体的模板的表面形状相一致。在固化之后, 使该模板与该刚性层分开, 使得该模板和该基板分开了。然后, 该基板与经固化的层经受额外的处理, 以将凹凸图案转移到该基板中, 该凹凸图案对应于经固化的层中的图案。

附图说明

[0007] 可以更详细地理解本发明, 结合附图中所示的实施方式, 提供了关于本发明各实施方式的描述。然而, 注意到, 附图仅仅示出了本发明的典型实施方式, 因此并不被视为限制本发明的范围。

[0008] 图 1 示出了根据本发明一实施方式的光刻系统的简化侧视图。

[0009] 图 2 示出了图 1 所示基板的简化侧视图, 其上有图案化的层。

[0010] 图 3A-3D 示出了模板与基板之间的多个接触阶段的简化侧视图。

[0011] 图 4 示出了在模板与基板之间发生接触期间由刻印头提供的接触力的图示, 该接触力与模板刚度有关。

[0012] 图 5 示出了在模板上压强与力的分布的图示。

[0013] 图 6 示出了用于控制接触转移并使模板与基板相一致的典型方法的流程图。

[0014] 图 7 示出了典型的控制系统的框图, 可以用该控制系统来提供模板与基板之间的受控的接触。

[0015] 图 8 示出了另一个典型的控制系统的框图,可以用该控制系统来提供模板与基板之间的受控的接触。

[0016] 图 9 示出了用于确定模板与基板之间的接触面的高度分布的典型方法的流程图。

[0017] 图 10 示出了在模板与基板之间的接触面附近的高度分布的图示。

[0018] 图 11 示出了用于获得接触面的典型方法的流程图。

[0019] 图 12 示出了从涂敷照相机获得的接触面的图像与接触面的相关映像 (map) 的并列比较。

[0020] 图 13 示出了用于接触模板并限定接触面的卡盘的简化侧视图。

[0021] 图 14 示出了另一个典型的控制系统,可以用该控制系统基本上实时地提供在模板与基板之间的受控的接触线移动。

具体实施方式

[0022] 参照附图,特别是图 1,示出了一种光刻系统 10,被用于在基板 12 上形成凹凸图案。基板 12 可以耦合到基板卡盘 14。如图所示,基板卡盘 14 是真空卡盘。然而,基板卡盘 14 可以是任何卡盘,包括但不限于真空型、引线型、凹槽型、静电型、电磁型等。美国专利 6,873,087 描述了典型的卡盘,该专利引用在此作为参考。

[0023] 平台 16 可以进一步支撑基板 12 和基板卡盘 14。平台 16 可以提供沿着 x、y 和 z 轴的移动。平台 16、基板 12 和基板卡盘 14 也可以位于基座 (未示出) 上。

[0024] 与基板 12 分开的是模板 18。模板 18 可以包括台面 20,台面 20 从模板 18 朝着基板 12 延伸,在台面 20 上有图案化的表面 22。此外,台面 20 可以被称为模子 20。或者,可以形成不具有台面 20 的模板 18。

[0025] 可以由许多材料构成模板 18 和 / 或模子 20,包括但不限于熔融硅石、石英、硅、有机聚合物、硅氧烷聚合物、硼硅酸盐玻璃、碳氟化合物聚合物、金属、硬化的蓝宝石等。如图所示,图案化的表面 22 包括由多个间隔开的凹槽 24 和 / 或凸起 26 限定的特征,尽管本发明的实施方式并不限于这样的配置。图案化表面 22 可以定义任何原始的图案,这种原始图案构成了将要在基板 12 上形成的图案的基础。

[0026] 模板 18 可以耦合到卡盘 28。可以将卡盘 28 配置成,但不限于,真空型、引线型、凹槽型、静电型、电磁型和 / 或其它相似的卡盘类型。美国专利 6,873,087 进一步描述了典型的卡盘,该专利引用在此作为参考。此外,卡盘 28 可以耦合到刻印头 30,可以配置卡盘 28 和 / 或刻印头 30 使模板 18 的移动更容易。

[0027] 系统 10 可以进一步包括流体分配系统 32。可以用流体分配系统 32 将可聚合的材料 34 沉积在基板 12 上。通过使用滴落分配、旋转涂敷、浸渍涂敷、化学汽相沉积 (CVD)、物理汽相沉积 (PVD)、薄膜沉积、厚膜沉积等技术,可以将可聚合的材料 34 放置到基板 12 上。根据各种设计方面的考虑,在模子 20 和基板 12 之间限定了期望的体积之前和 / 或之后,就可以将可聚合的材料 34 置于基板 12 上。可聚合的材料 34 可以包括美国专利 7,157,036 和美国专利公报 2005/0187339 所描述的单体混合物,这些文献引用在此作为参考。

[0028] 参照图 1、2,系统 10 可以进一步包括沿着路径 42 耦合到直接能量 40 的能量源 38。可以将刻印头 30 和平台 16 配置成使模板 18 和基板 12 定位成与路径 42 重叠。系统 10 可以通过处理器 54 进行调节,处理器 54 与平台 16、刻印头 30、流体分配系统 32 和 / 或源 38

相连通,并且系统 10 可以在存储器 56 中所存储的计算机可读程序上运行。

[0029] 刻印头 30、平台 16 的每一个或这两者改变模子 20 和基板 12 之间的距离,以在模子与基板之间限定期望的体积,该期望的体积是用可聚合的材料 34 填充的。例如,刻印头 30 可以向模板 18 施力,使得模子 20 接触可聚合的材料 34。在以可聚合的材料 34 填满该期望的体积之后,源 38 产生能量 40,比如紫外辐射,从而使可聚合的材料 34 固化和 / 或交联,从而符合基板 12 的表面 44 以及图案化表面 22 的形状,由此在基板 12 上限制了图案化的层 46。图案化的层 46 可以包括剩余层 48 以及多个特征 (图示即凸起 50 和凹陷 52), 凸起 50 的厚度是 t_1 , 剩余层的厚度是 t_2 。

[0030] 上述系统和处理过程可以进一步被用在下列文献所引用的刻印光刻工艺与系统中:美国专利 6,932,934,美国专利公报 2004/0124566,美国专利公报 2004/0188381,美国专利公报 2004/0211754,每一份文献都引用在此作为参考。

[0031] 在刻印期间,可以使用卡盘 28 和基板卡盘 14,以分别固定模板 18 和基板 12。可以将卡盘 28 安装在刻印头 30 上。刻印头 30 可能能够控制多个轴上的移动。例如,刻印头 30 可以是三轴刻印头 30,能够通过移动到独立的位置 Z_1 、 Z_2 和 Z_3 来控制 Z 、 R_x 和 R_y 移动 (例如,尖端 / 倾斜移动)。刻印头 30 也可以提供在模板 18 和基板 12 之间的接触力 F 。

[0032] 通常,在刻印过程中,有三个用于刻印头 30 的阶段。在阶段 1 期间,如图 3A 所示,可以控制模板 18 到基板 12 的接触转移以及接触力,以提供在模板 18 和基板 12 之间的基本上稳定的交互作用,同时实现相对迅速的响应。

[0033] 刻印头 30 可以提供处于自由空间移动中的模板 18,其中模板 18 和基板 12 可以分离一段距离 d 。当模板 18 朝着基板 12 移动时,模板 18 和基板 12 之间的压强会增大,因为气体流速受到模板 18 和基板 12 之间的距离限制。刻印头 30 所检测到的力可能取决于压强分布,该压强分布是刻印头 30 的速度以及模板 18 和基板 12 之间的距离的函数。如果模板 18 和基板 12 之间的距离 d 大约大于 $10\ \mu\text{m}$,则空气所产生的阻力可能相对较低,这样,就不能够被检测到,即使模板 18 以约 3mm/s 的速度朝着基板 12 移动。

[0034] 刻印头 30 使模板 18 以速度 v 朝着基板 12 移动 (比如 3mm/s), 并且使模板 18 和基板 12 之间的距离减小到约 $10\ \mu\text{m}$ 。在这一阶段,可以测出几个牛顿的力 (比如空气阻力)。通过减小刻印头 30 的移动速度,可以减小这种力。

[0035] 在阶段 2 期间,如图 3B 所示,模板 18 接触基板 12。例如,刻印头 30 可以提供模板 18 到基板 12 的接触。模板 18 的 Z 移动可能受到刚硬的环境约束。例如,除了模板 18 和基板 12 的柔度 (比如刚度) 之外,刻印头 30 移动范围可能受到力 F 的大小的限制,力 F 有可能是刻印头 30 所产生的。如图 4 的曲线图所示,接触力 F 逐渐地从零增大到 $1\text{N}/\mu\text{m}$, 然后,迅速地增大到 $9\text{N}/\mu\text{m}$ 。这种接触力 F 可能正比于模板 18 和 / 或基板 12 的刚度。

[0036] 可以向模板 18 和 / 或基板 12 施加背压。例如,如图 3B 和 3C 所示,通过卡盘 28 可以向模板 18 施加背压,和 / 或通过基板卡盘 14 向基板 12 施加背压。如图 5 所示,当刻印头 30 使力 F 的大小增大时,卡盘 28 和 / 或卡盘 14 所提供的背压可能会减小。

[0037] 参照图 3B,接触面 60 是板 18 的表面和基板 12 彼此相符的这样一个位置。接触线 61 可以限定接触面 60 的边缘。例如,接触面 60 是台面 20 接触基板 12 的表面的位置,同时接触线 61 限定了接触面 60 的边缘。接触线 61 大致将区域 63 和区域 65 区分开,在区域 63 中模板 18 和基板 12 相互接触,而在区域 65 中模板 18 和基板 12 彼此不接触。

[0038] 参照图 3B, 可以使用实时多变量跟踪策略来控制接触线 61 的移动速度以及接触线 61 附近的高度分布。通过改变区域 65 中模板 18 和基板 12 之间的距离 d , 可以限定该高度分布。通常, 在涂敷可聚合的材料 34 期间接触线 61 的移动是基板 12 的偏转以及刻印头 30 所提供的力 F 的非线性函数。

[0039] 在刻印期间, 通过减小模板 18 的偏转和 / 或由刻印头 30 施加力 F 从而产生了压差, 这种压差可以使接触线 61 附近的气体分子减少。分子之间的吸引力也可以有助于在接触线 61 的移动方向上将能量转移给气体分子。例如, 当上述距离小于分子作用球的半径时 (比如约 50nm), 分子之间的吸引力可以有助于在接触线 61 的方向上将能量转移给气体分子。可以将接触线 61 附近的高度分布模型化成:

$$[0040] \quad h(r) = h_0 + a(r - r_0)^2$$

[0041] 其中 a 是分布系数, h_0 是剩余层 48 的厚度, r_0 是半径涂敷区域, r 是离中心的距离。通常, 沿半径方向的压强可以由下式控制:

$$[0042] \quad p dp = - \frac{6m\mu RT}{\pi m_{mol}(h_0 + a(r - r_0)^2)^3 r} dr$$

[0043] 通过对上述方程两侧进行积分, 就可以获得压强分布 p , 从而提供下式:

$$[0044] \quad p^2 - p_0^2 = - \int_{r_0}^r \frac{6m\mu RT}{\pi m_{mol}(h_0 + a(r - r_0)^2)^3 r} dr$$

$$[0045] \quad = - \frac{12m\mu RT}{m_{mol}\pi} \left[\frac{\ln \frac{r+r_0}{\sqrt{ar^2+h_0}} + \frac{ar_0}{\sqrt{ah_0} \operatorname{atan}\left(\frac{ar}{\sqrt{ah_0}}\right)} - \frac{1+rr_0 + \frac{ar_0 r}{h_0 \sqrt{ah_0} \operatorname{atan}\left(\frac{ar}{\sqrt{ah_0}}\right)}}{h_0^3 + 3ar_0^2 h_0^2 + 3a^2 r_0^4 h_0 + a^3 r_0^6} - \frac{2(h_0^2 + 2ar_0^2 h_0 + a^2 r_0^4)(ar^2 + h_0)}{2(h_0^2 + 2ar_0^2 h_0 + a^2 r_0^4)(ar^2 + h_0)} \right.$$

$$[0046] \quad \left. \frac{\frac{arr_0}{h_0} - 1 - \frac{3}{2h_0^2} arr_0}{4(ar_0^2 + h_0)(ar^2 + h_0)} - \frac{3ar_0 \operatorname{atan}\left(\frac{ar}{\sqrt{ah_0}}\right)}{8h_0^2(ar_0^2 + h_0)(ar^2 + h_0)\sqrt{h_0 a}} + \frac{a^2 r_0^4 + 4ar_0^2 h_0 + 2h_0^2 \ln \frac{r_0^2}{h_0} + 3h_0^2}{4h_0^2(ar_0^2 + h_0)^3} \right]$$

[0047] 这样, 压强分布可以是模板 18 和基板 12 之间的距离 d 以及气体流速的函数 (比如, 接触线 61 附近的高度分布更陡, 压降就越快)。

[0048] 在接触线 61 附近, 可能有压强梯度。气体分子以及可聚合的材料 34 可能经受这种压强梯度的影响。通常, 气体具有相对较低的密度和粘度, 这样, 力 F 以及压强梯度可以将气体从接触线 61 附近的间隙中挤压出来。另一方面, 液体通常的特征是密度和粘度较高, 这样, 通过可聚合的材料 34 的微滴之间的自关联, 其体积往往保持恒定。气体压强梯度以及可聚合的材料 34 与基板 12 之间的分子间的吸引力可以驱使可聚合的材料 34 在模板 18 和基板 12 之间横向地且纵向地涂敷, 以填满模板 18 的特征。当气体分子被高速挤压出去时, 来自气体分子的一些动能可能转移到可聚合的材料 34 的分子。

[0049] 如果没有足够的排气通道将气体分子排出, 则当气体对阻碍涂敷的可聚合的材料 34 施加高压强时, 陷在可聚合的材料 34 周围的气体分子可能对可聚合的材料 34 的微滴的涂敷有很强影响。这可能导致在可聚合的材料 34 的涂敷过程中涂敷时间更长。

[0050] 通过使模板 18 逐渐地符合基板 12, 就可以改善气体的排出。例如, 通过从接触面

60 的中心朝外逐渐地使模板 18 符合基板 12, 就可以改善排出动作。

[0051] 在阶段 3 期间, 如图 3D 所示, 可以逐渐地减小刻印头 30 所提供的力 F 的大小以及卡盘 28 和 / 或基板卡盘 14 所提供的背压的大小。例如, 通过使用反馈控制, 可以逐渐地减小刻印头 30 所提供的力 F 的大小以及卡盘 28 和 / 或基板卡盘 14 所提供的背压的大小至基本上为零。通过减小力 F 和背压, 可使可能导致额外的力的覆盖畸变 (overlay distortion) 达到最少。例如, 已证明, 在基本上很薄的模板 18 的刻印期间, 1 牛顿的力 F 可能导致 5nm 的覆盖畸变, 并且 10kPa 模板背压可能导致 7nm 的覆盖畸变。通过在可聚合的材料 34 的固化和 / 或交联之前或期间减小力 F 和背压, 就可以使这些覆盖畸变达到最少。

[0052] 图 6 示出了用于控制接触转移并使模板 18 与基板 12 相符的典型方法 100 的流程图。通常, 在步骤 102 中, 可以将模板 18 调节至位置 z , 以设置模板 18 和基板 12 之间的合适距离 d , 基板 12 的表面 46 上有可聚合的材料 34。在步骤 104 中, 可以确定施加到模板 18 上的预定大小的力和压强, 该预定大小的力和压强提供了模板 18 和基板 12 之间的接触。在步骤 106 中, 可以将预定大小的力和压强施加到模板 18 上, 以提供模板 18 和基板 12 之间的接触。在步骤 108 中, 可以调节施加到模板 18 上的预定大小的力和压强, 以提供其大小经调节过的力和压强。其大小经调节过的力和压强可以提供合适的接触线速度和 / 或合适的高度分布。在步骤 110 中, 可以调节模板 18 的取向, 使得由刻印头 30 所施加的力是在预定的误差窗口之内。在步骤 112 中, 可以减小其大小经调节过的力和压强。例如, 其大小经调节过的力和压强可以减小至零。在步骤 114 中, 可以固化和 / 或交联可聚合的材料 34。下文更详细地解释了上述诸多步骤。

[0053] 调节刻印头

[0054] 参照图 3A, 可以调节模板 18 和基板 12 之间的距离, 使得将模板 18 移至位置 z , 以设置模板 18 和基板 12 之间的合适距离 d 。位置 z 通常高于接触面 60, 并且使模板 18 和基板 12 之间很少接触或没有接触。可以按下式计算位置 z :

$$[0055] \quad z = z_{\text{CONTACT}} - \Delta z_p - \Delta z$$

[0056] 其中 Δz 是接触面 60 的误差窗口, Δz_p 是估计的偏转, z_{CONTACT} 是估计的接触面 60。

[0057] 通过估计接触面 60 的准确度, 可以确定接触面 60 的误差窗口 Δz 。上述估计的接触面 60 的准确度通常是模板 18 和基板 12 厚度的组合变化的估计的准确度。通常, 在刻印头 30 的位置控制之下, 当将模板 18 移至基板 12 附近时, 接触面 60 的误差窗口 Δz 可以足够大以避免任何接触。然而, 应该注意到, 当模板 18 停止朝基板 12 移动时, 如果有很大的分离距离, 则可以增大接触转移。

[0058] 估计的偏转 Δz_p 可以是基于施加到模板 18 上的背压的。例如, 通过使用经校正的模板偏转模型, Δz_p 可以是基于施加到模板 18 上的背压的。

[0059] 通过使用机械设计的机械尺寸, 可以首先确定所估计的接触面 z_{CONTACT} 。然后, 通过逐渐地减小模板 18 和基板 12 之间的间隙, 直到通过涂敷照相机 70 观察到干涉条纹, 就可以作出更准确的估计。例如, 当用能量 (比如白光) 进行照射时, 通常观察不到条纹, 直到上述分开的距离小于该能量的干涉长度 (比如 $< 1 \mu\text{m}$)。通过在接触转移期间记录上述位置 z , 同时使接触力保持期望的大小, 就可以测量接触面 z_{CONTACT} 。

[0060] 控制系统

[0061] 图 7 示出了控制系统 72 的框图, 可以用该控制系统来减小刻印头 30 的移动速度,

以提供在模板 18 和基板 12 之间的受控的接触。通过使用涂敷照相机 70, 可以校正接触力 F 和接触线 61 的长度之间的映射, 以提供接触力轨迹。通常, 通过跟踪接触力的分布, 可以维持接触线 61 的基本上恒定的速度, 从而在模板 18 接触基板 12 时提供平滑的转移。这可以排除会影响剩余层 48 的均匀性的等待时间 (如图 2 所示)。

[0062] 通常, 通过逐渐地减小模板 18 和基板之间的间隙, 控制系统 72 可以提供模板 18 与基板 12 的接触。控制系统 72 可以包括力传感器 74, 这种传感器能够测量由刻印头 30 在不同位置处所施加的接触力 F。力传感器 74 可以与控制器 78 相连通, 并且将第一信号 (输入信号) 提供给控制器 78。控制器 78 接收该第一信号 (用于提供关于施加到模板 18 上的力和压强的信息), 并且使用该信息将第二信号 (输出信号, 具有经调节的力和压强) 提供给刻印头 30 的位置致动器 76。

[0063] 可以用整体的动作与反馈控制的组合将经调节的力和压强提供给位置致动器 76。通常, 除了刻印头 30 的测得的位置以及接触力 F 和压强以外, 基于机械设计的机械尺寸, 可以估计接触线 61 的状态。通过积分动作, 可以取消接触面 60 的变化。因此, 接触力 F 的误差可以基本上等于通过测得的力而减小的设置点力, 因为在模板 18 接触基板 12 之前接触力可能接近于零。可以对接触力 F 积分, 并且启动信号可以正比于上述误差的积分。该信号可以在刻印头 30 朝着基板 12 前进时继续累积。当模板 18 接触基板 12 时, 如图 3B 所示, 接触力 F 可能收敛到一设置点值, 使得接触力 F 可以取消接触线 61 估计的误差。

[0064] 图 8 示出了另一个示例性控制系统 72a 的框图。通过调节刻印头 30 的力 F 的大小和 / 或卡盘 28 和 / 或基板卡盘 14 所提供的压强, 就可以控制接触线 61 的移动速度以及接触线 61 附近的高度分布。刻印头 30 所提供的力 F 的大小和 / 或压强分别可以基于与可聚合的材料 34 的涂敷有关的物理模型。控制器 78 可以基于该物理模型来评估所施加的力 F 和 / 或压强, 以提供其大小经调节过的力 F 和压强。可以将其大小经调节过的力 F 和 / 或压强提供给致动器 76 和 / 或卡盘 28。例如, 通过使用级联控制方案来调节刻印头 30 的位置, 就可以实现力 F 的控制。

[0065] 通过使用涂敷照相机 70, 可以测量接触线 61 以及接触面 60 附近的高度分布。例如, 通过使用白光干涉仪, 可以测量在可聚合的材料 34 的流体涂敷期间的接触线 61。白光可以包含来自 LED 阵列的所有可见光波长 $\lambda = 400\text{nm} - 700\text{nm}$, 该 LED 阵列穿过模板 18 照亮基板 12。一些入射光束可能从基板 12 处反射掉和 / 或偏移开。这些经反射的光束可能发生干涉, 所得的光束干涉图案可能出现在图像中 (例如, CCD 屏幕上的图像中)。该图像的光强会遵循光源的相干函数而变化。这种观察到的光强可能会作为模板 18 和基板 12 之间的距离 d (这里也被称为间隙高度) 的函数而按照下式变化:

$$[0066] \quad I(h) = I_0 \left(1 + e^{-\left(\frac{h}{l_c}\right)^2} \cos\left(\frac{4\pi h}{\lambda_c}\right) \right)$$

[0067] 其中, I 是 CCD 上的光强, h 是模板 18 和基板 12 之间的间隙高度, λ_c 是白光的中心波长 (比如 $0.5 \mu\text{m}$), l_c 是白光的相干长度 (比如 $1.2 \mu\text{m}$)。

[0068] 图 9 示出了用涂敷照相机 70 所提供的图像来确定接触线 61 附近的高度分布的典型方法 200 的流程图。在步骤 202 中, 通过使用低通滤波器, 可以除去观察到的光强的高频噪声。在步骤 204 中, 可以评估光强 I_0 的 DC 值。例如, 通过对观察到的光强 $I(h)$ 求平均,

可以评估光强 I_0 的 DC 值。在步骤 206 中,可以确定强度调制的最大值和最小值(比如峰和谷)。在步骤 208 中,通过使用强度调制的最大值和最小值,可以评估调制 $e^{-\left(\frac{h}{t_c}\right)^2}$ 。在步骤 210 中,可以确定强度调制的最大值和最小值之间的高度差。在步骤 212 中,可以评估强度调制的相邻的最大值和最小值之间的高度变化(或相位变化)。图 10 示出了接触线 61 附近的示例性高度分布的图示。

[0069] 图 11 示出了用涂敷照相机 70 所提供的图像来获得接触线 61 的映像(map)的典型方法 300 的流程图。在步骤 302 中,可以估计接触线 61 的中心。在步骤 304 中,如有需要,可以将由涂敷照相机 70 获得的光强分布从笛卡尔坐标变换到极坐标。在步骤 306 中,可以除去观察到的光强的高频噪声。例如,通过使用低通滤波器,可以除去观察到的光强的高频噪声。在步骤 308 中,通过确定最大和最小光强的位置,可以确定接触线 61 的至少一个边缘。在步骤 310 中,可以评估接触线 61 的直径。在步骤 312 中,如有需要,可以将接触线 61 的位置从极坐标变换为笛卡尔坐标。在步骤 314 中,可以评估接触线 61 的中心。在步骤 316 中,可以提供用涂敷照相机所提供的图像获得的接触线 61 的映像。图 12 示出了涂敷照相机 70 所获得的接触线 61 的典型图像与接触线 61 的相关映像的并列比较。

[0070] 图 14 示出了控制系统的另一个典型实施方式 72c。通常,涂敷照相机 70 可以提供至少一个图像。图像可以经历图像处理,以确定模板 18 和基板 12 之间的接触线 61 的速度以及接触线 61 附近的高度分布。例如,通过使用白光干涉仪,可以确定接触线 61 的速度以及高度分布。控制器 78 可以使用模板 18 和基板 12 之间的接触线 61 的速度以及接触线 61 附近的高度分布,以调节刻印头 30、卡盘 28 和 / 或基板卡盘 14,从而提供在模板 18 和基板 12 之间的受控的接触。

[0071] 模板的取向

[0072] 参照图 7、8,在模板 18 接触基板 12 之后,可以调节模板 18 的取向,使得刻印头 30 向模板 18 施加的力是在预定的误差窗口之内。通常,从力传感器 74 中观察到的接触力可以与检测位置和中心接触点之间的距离相结合,以确定模板 18 在初始设置点处的取向。例如,通过调节三个轴 z 位置直到这些力之间的差异处于预定的误差窗口之内,可以用控制器 78 来调节模板 18 的取向。另外,可以调节模板 18,使得模板 18 与基板 12 是基本上共面的,并且模板 18 基本上平行于基板 12。这可以通过用涂敷照相机 70 进行观察从而得到进一步验证。

[0073] 可聚合的材料固化 / 交联

[0074] 在模板 18 和基板 12 相符之后,可以逐渐地减小施加到模板 18 上的力和压强的大小。例如,施加到模板 18 上的力和压强的大小可以逐渐地减小至零。力和压强的大小的减小过程可以是基于控制系统 72 所提供的信息的。

[0075] 在减小力和压强的大小的情况下,可以使基板 12 的表面 46 上的可聚合的材料 34 固化和 / 或交联。如上所述,力和压强的减小可以减少覆盖畸变。

[0076] 模板加载

[0077] 应该注意到,本文所描述的系统和方法可以应用于模板 18 的加载。在模板 18 的加载过程中,通过使用闭环控制,可以使卡盘 28 和模板 18 之间的平行误差的变化达到最小。低接触力可以防止模板 18 的潜在的破坏。例如,如图 13 所示,可以移动卡盘 28 的真空着

陆面 120 到靠近模板 18 的表面 122 的位置。可以检测接触面,可以调节刻印头 30 的取向,以用最小的接触力使卡盘 28 的真空着陆面 120 符合模板 18 的表面 122。通过打开卡盘 28 的真空,可以通过卡盘 28 转移并固定模板 18。

[0078] 在加载模板 18 时使用本文所描述的系统和方法的过程中,通常可能不需要准确地对准位置 z 、 R_x 和 R_y 。例如,低接触力(受限于力测量准确度)可能足以自动地检测模板 18 在哪里且在何时接触到一物体。这样,加载模板 18 时的可靠性可以增大。

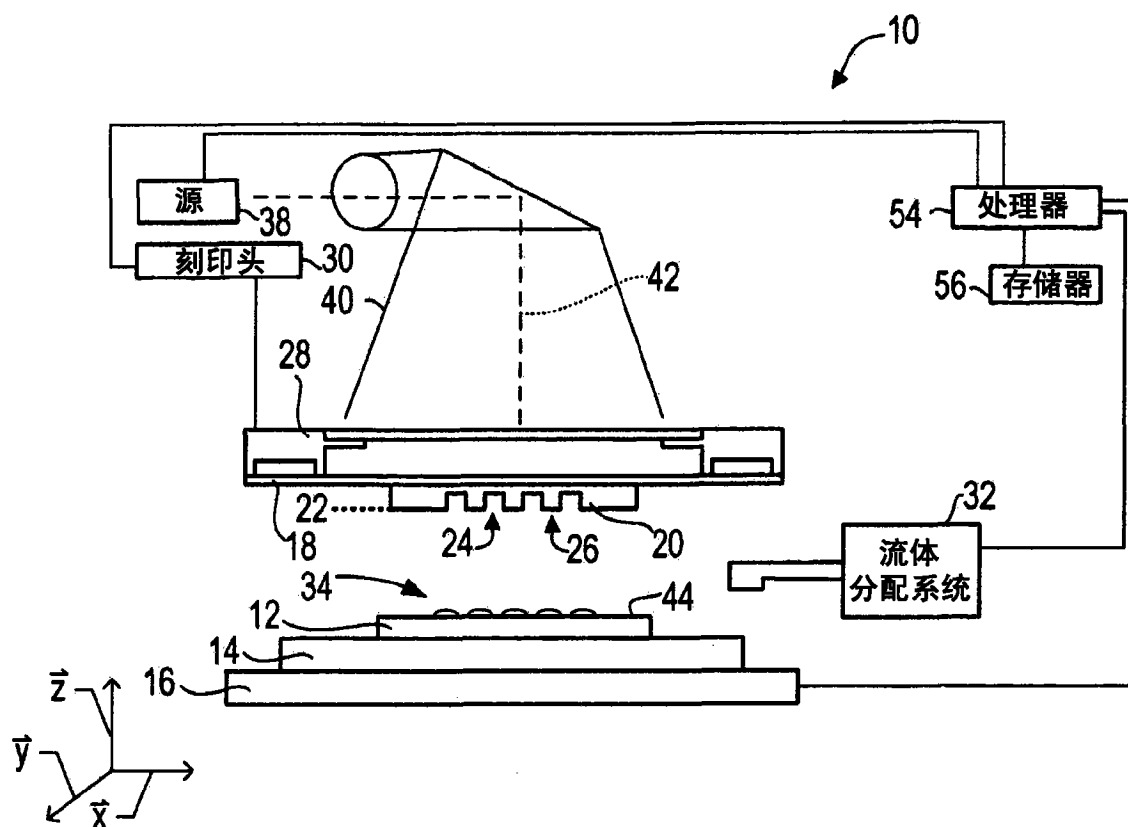


图 1

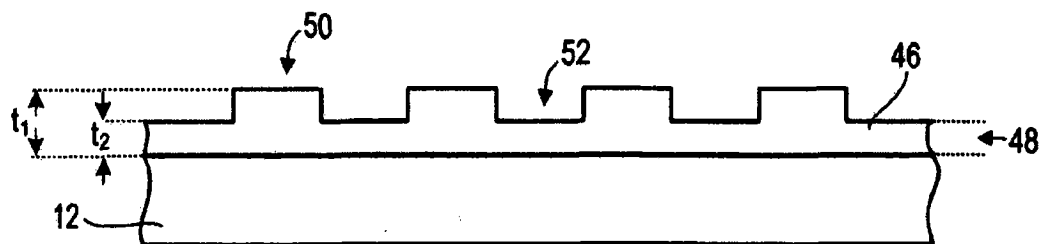


图 2

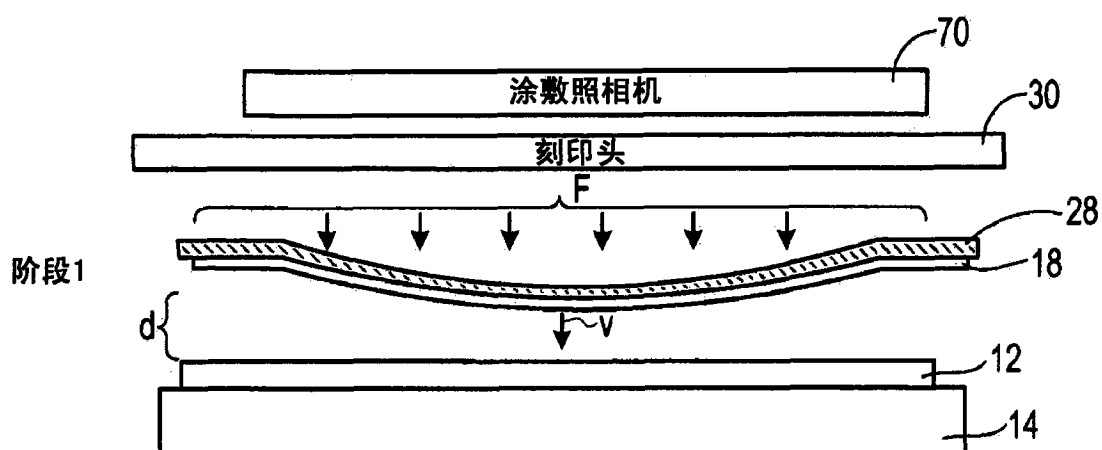


图 3A

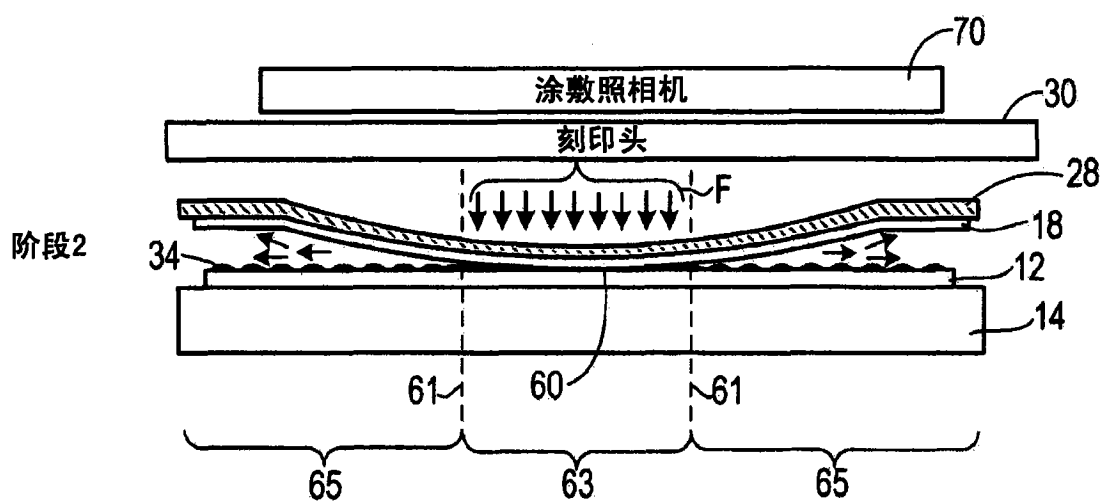


图 3B

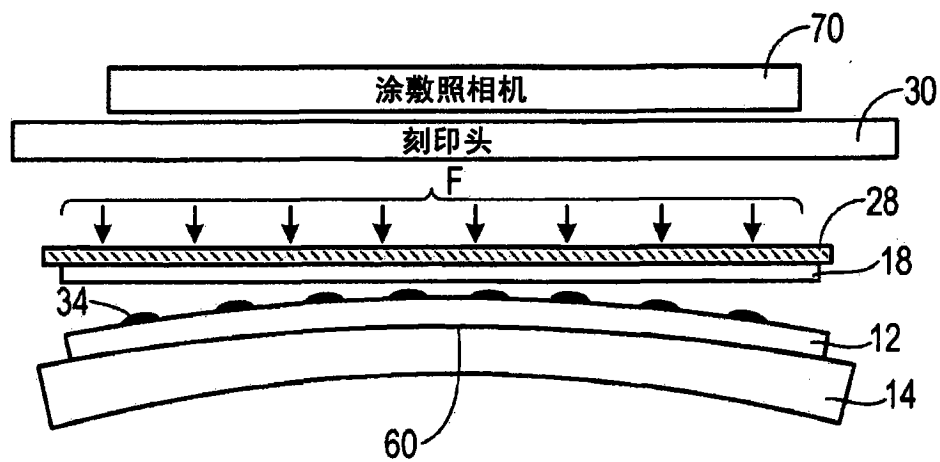


图 3C

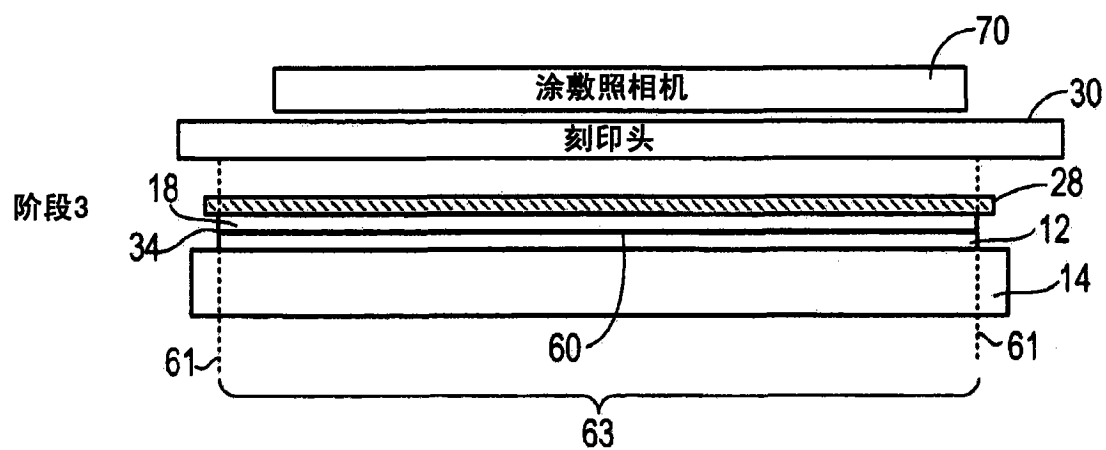


图 3D

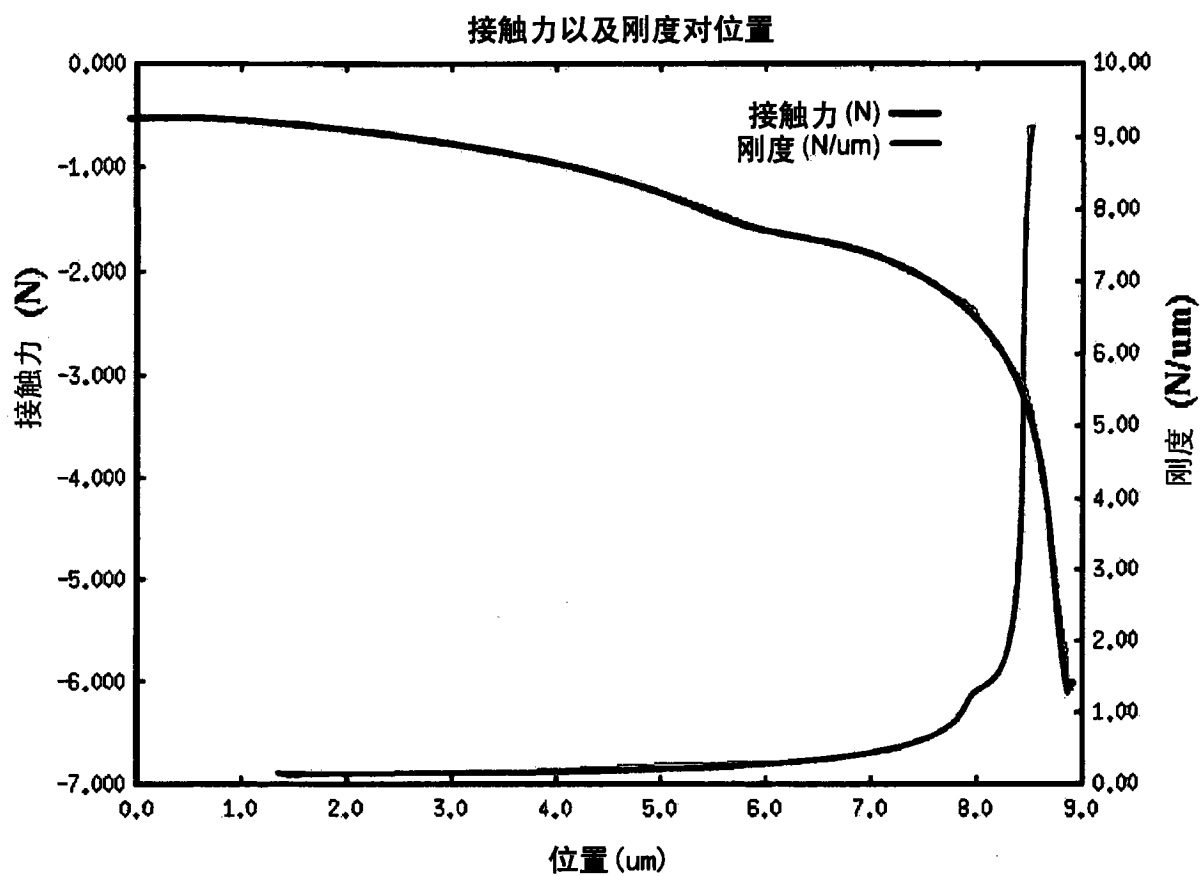


图 4

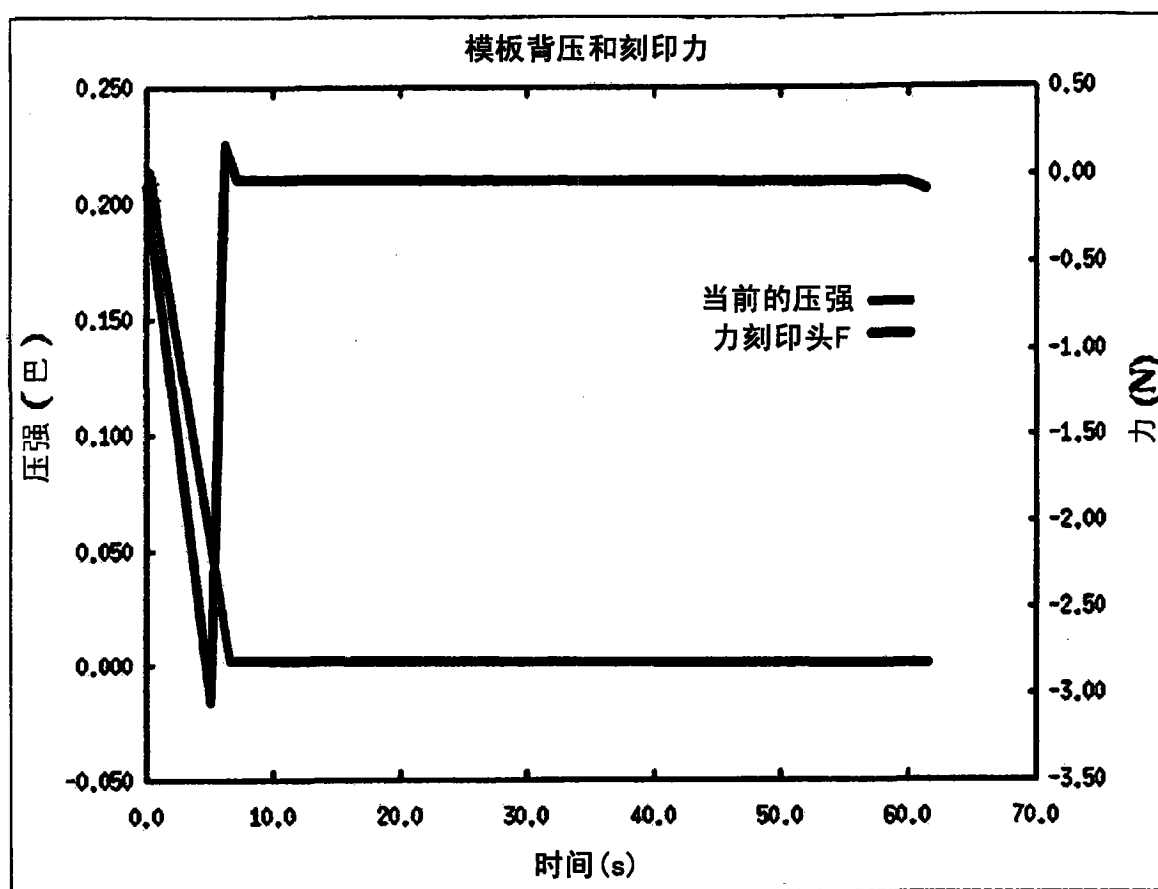


图 5

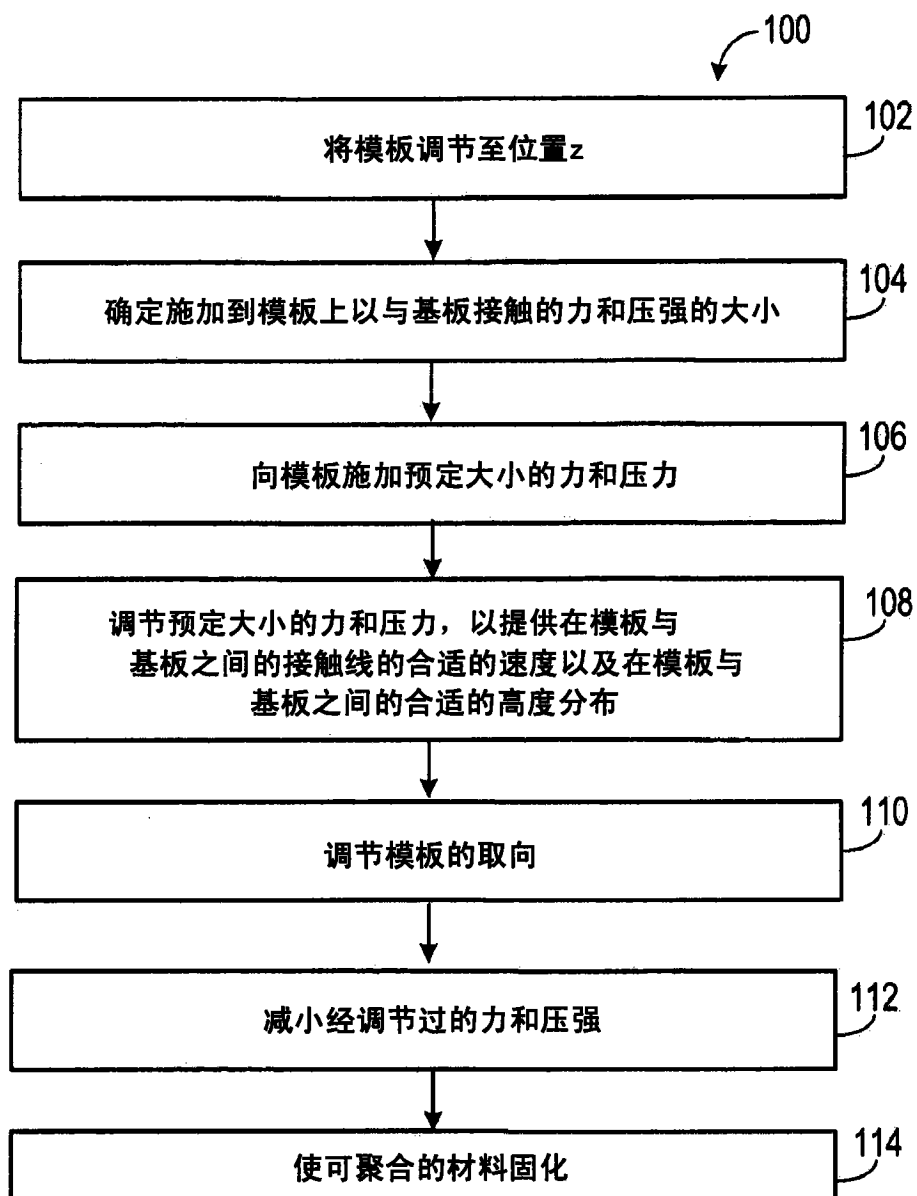


图 6

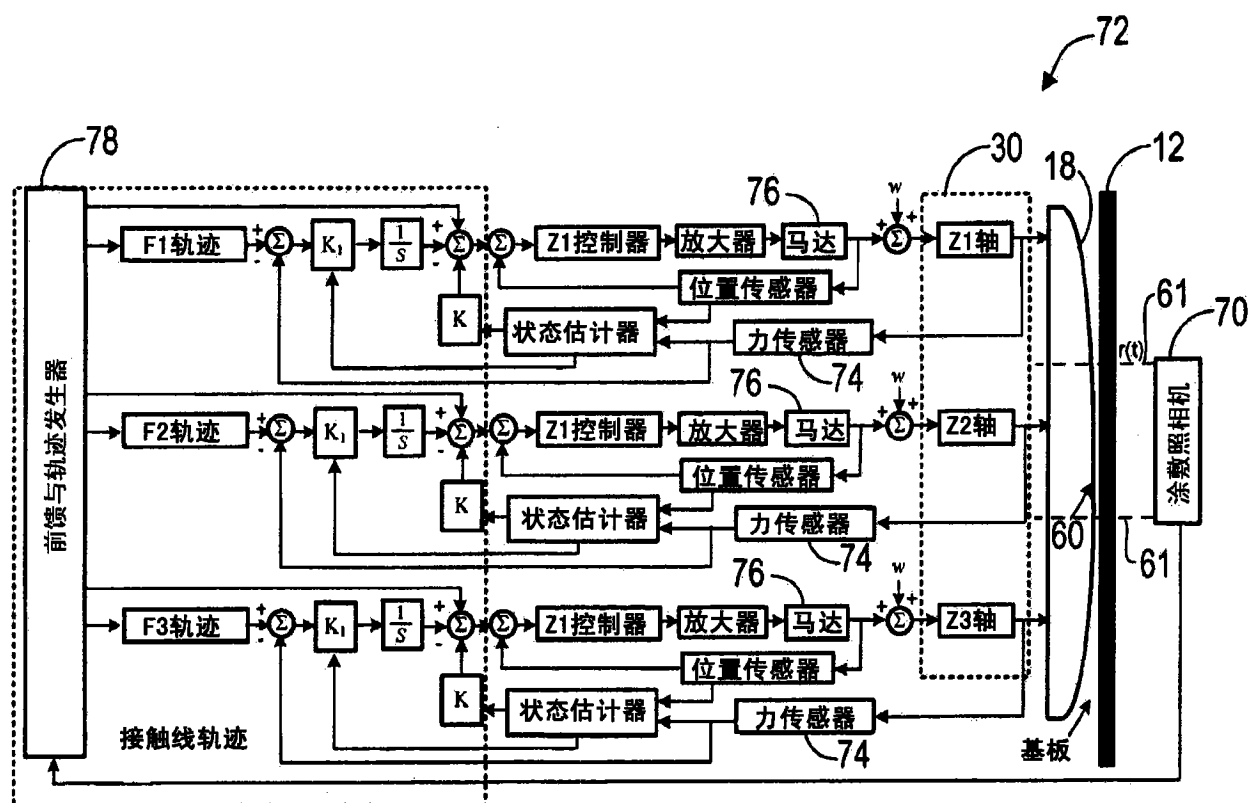


图 7

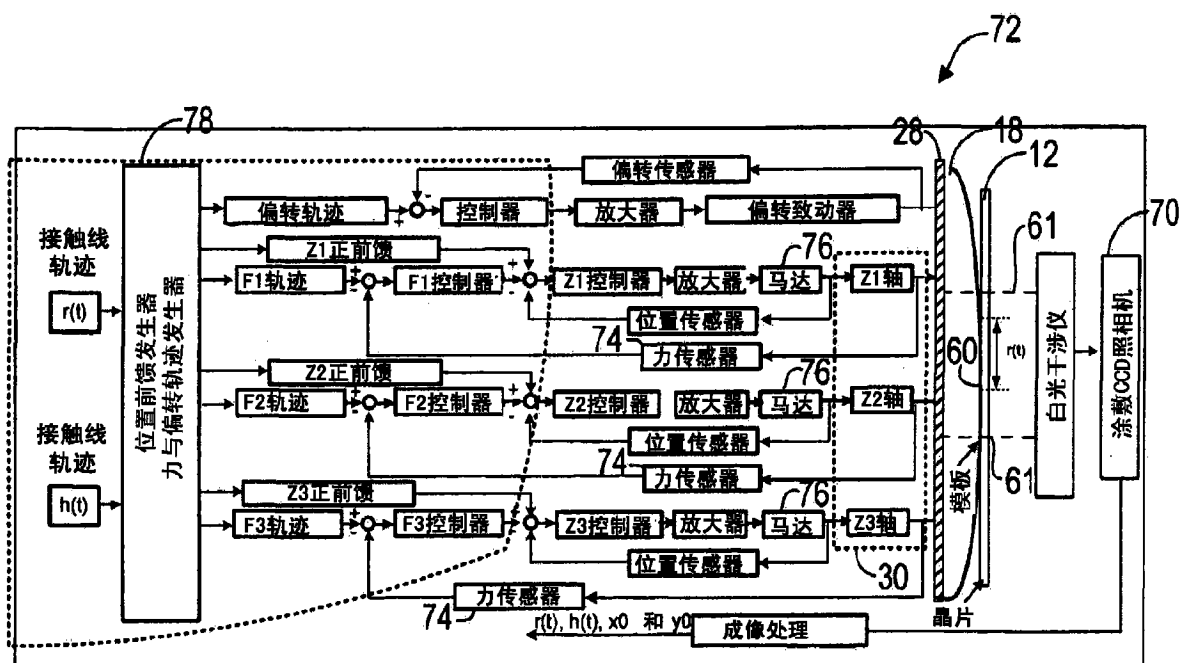


图 8

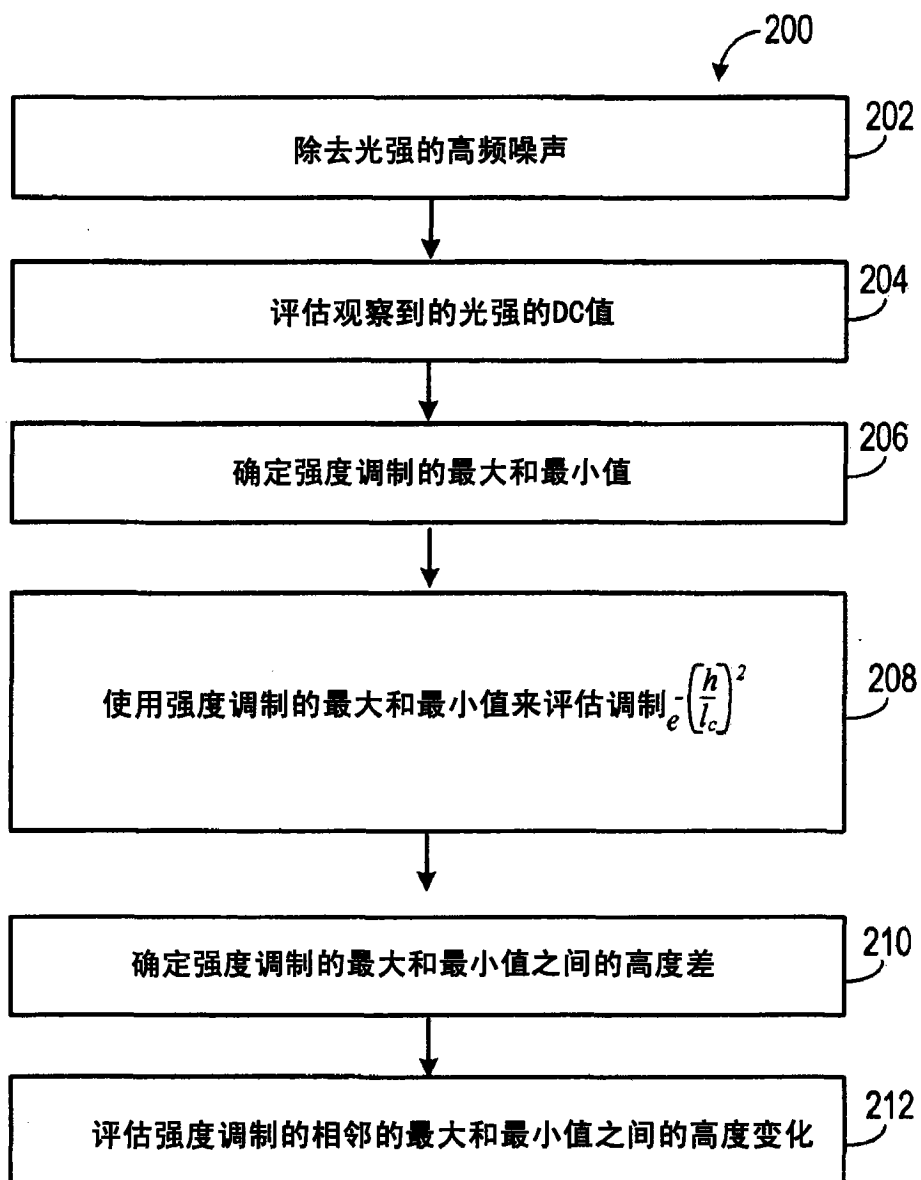


图 9

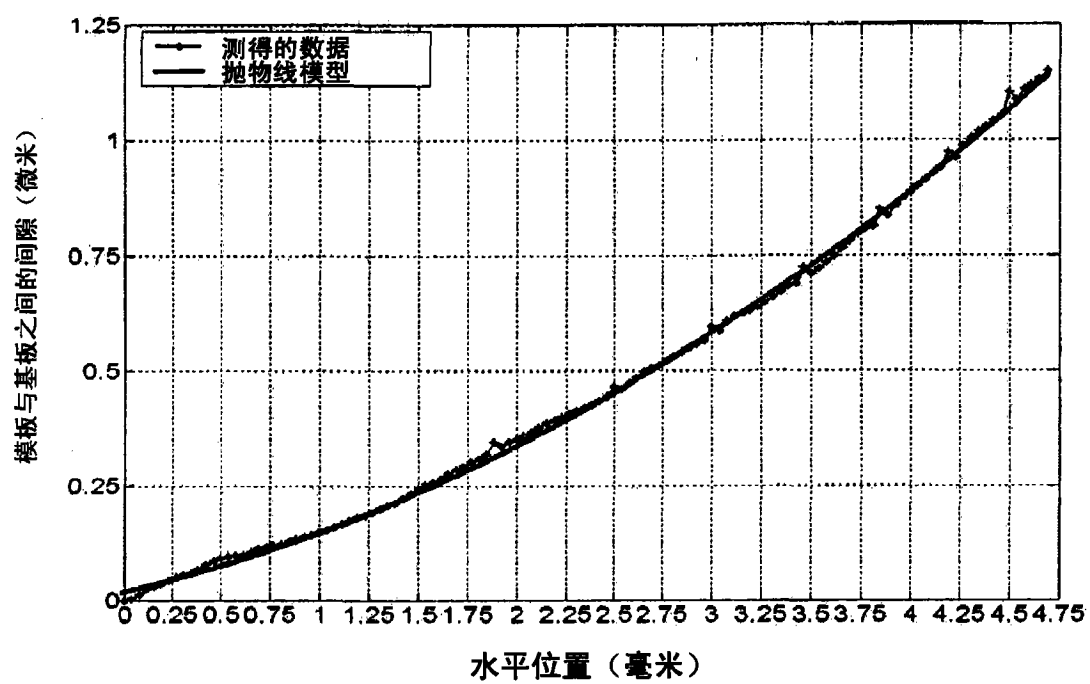


图 10

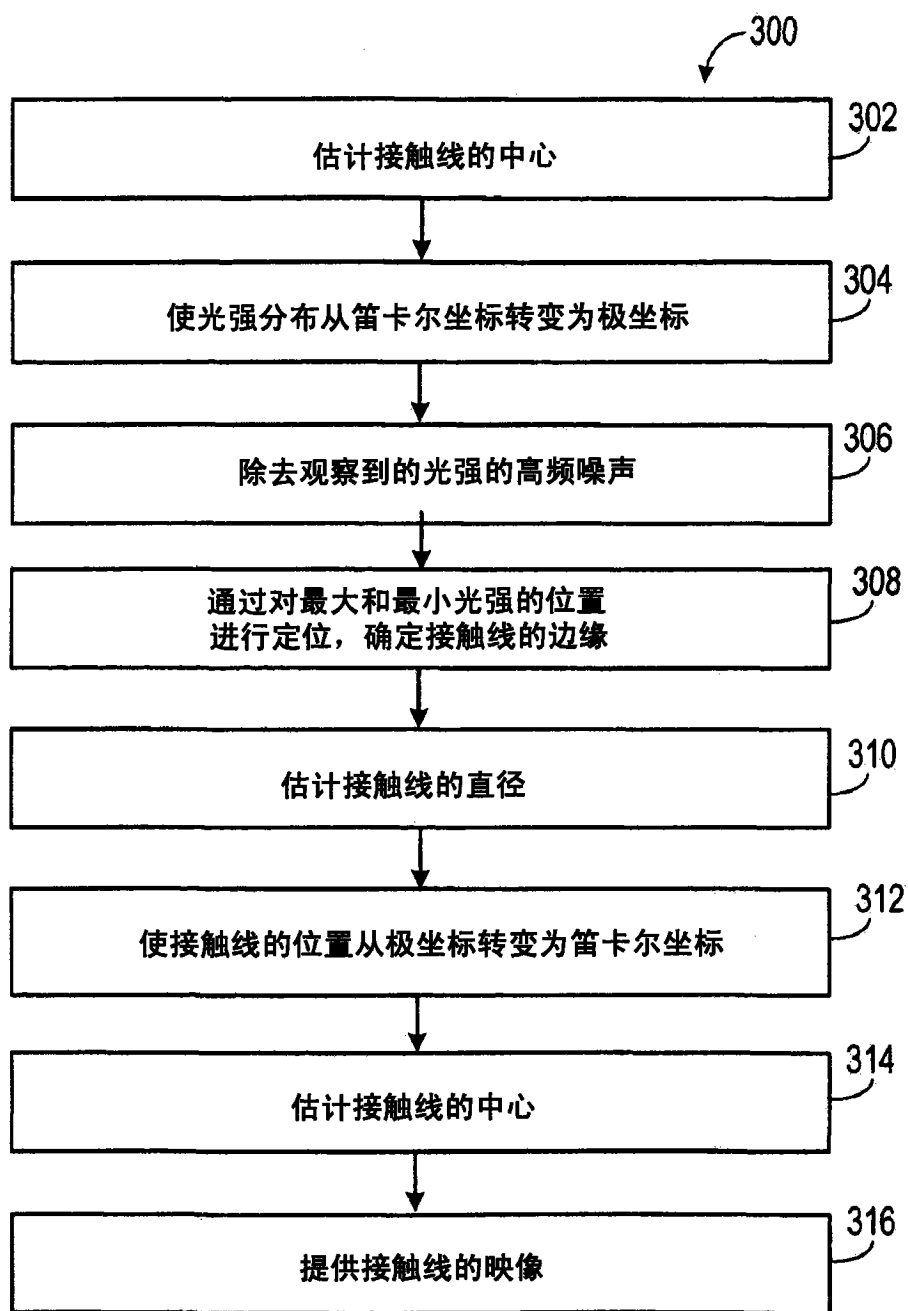


图 11

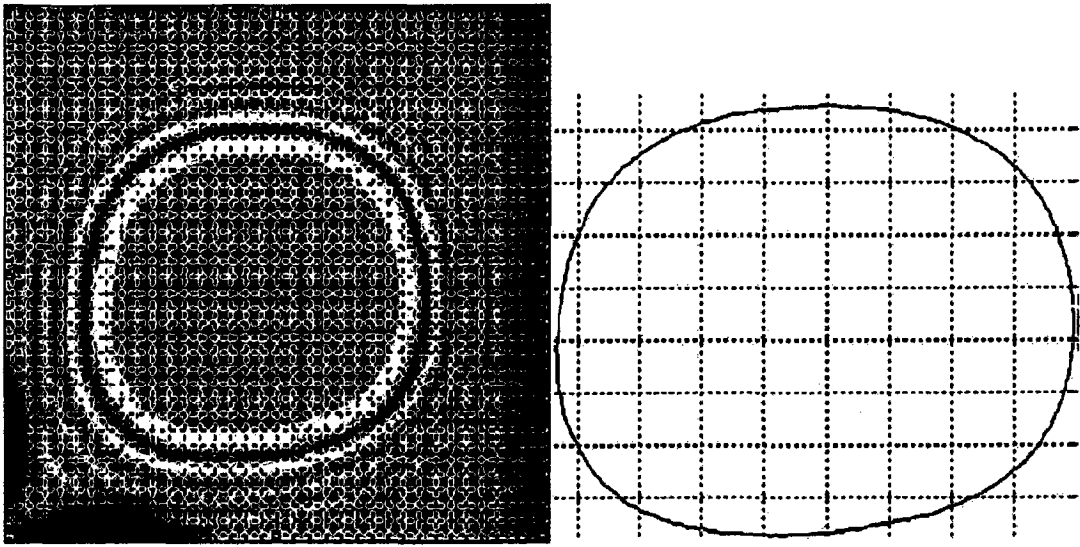


图 12

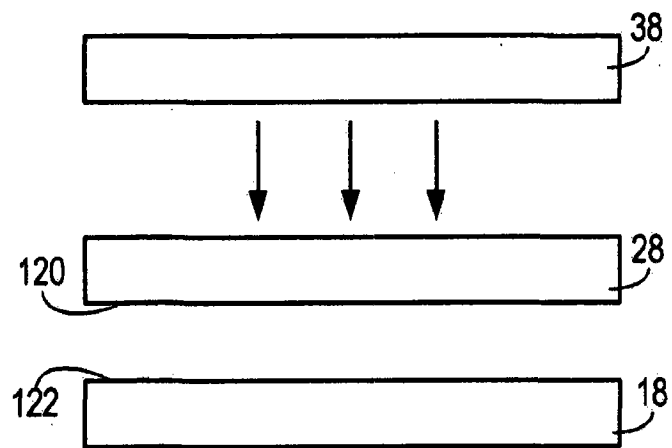


图 13

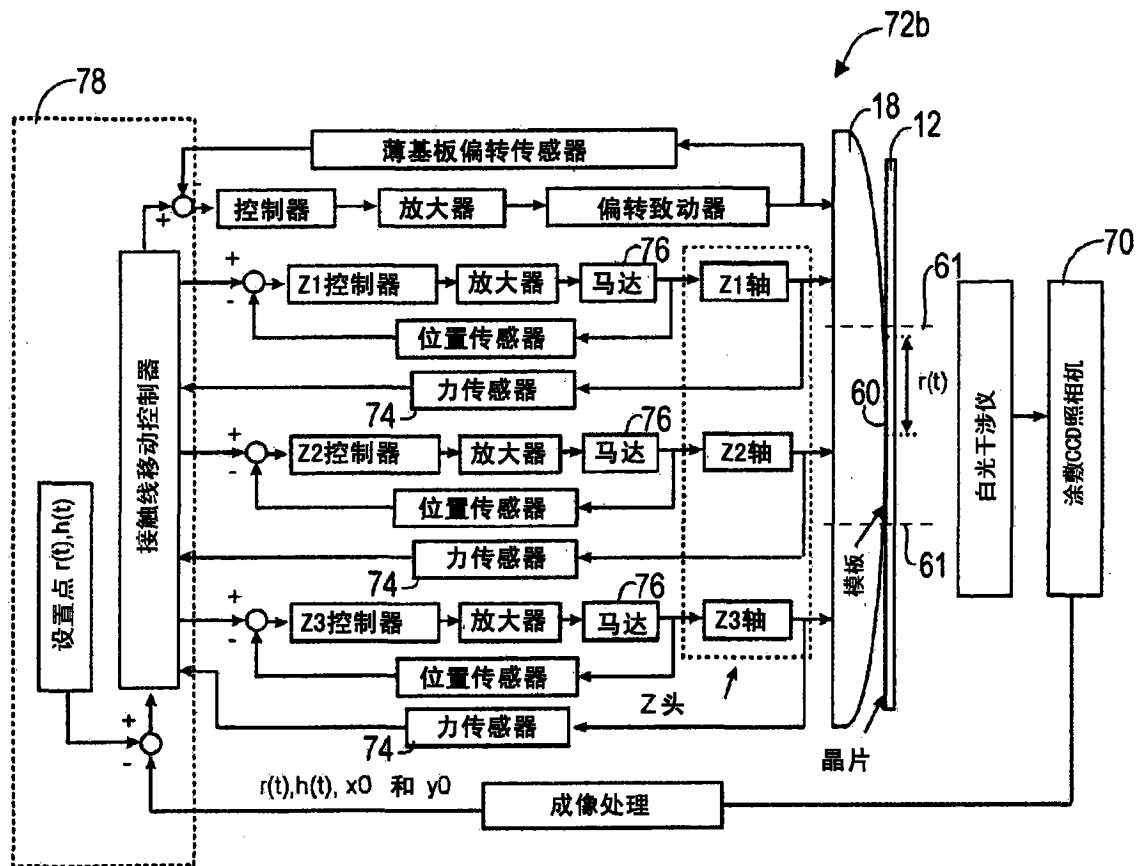


图 14