

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710109201.5

[43] 公开日 2007年11月28日

[11] 公开号 CN 101078887A

[22] 申请日 2007.5.21

[21] 申请号 200710109201.5

[30] 优先权

[32] 2006.5.22 [33] US [31] 11/437876

[71] 申请人 ASML 荷兰有限公司

地址 荷兰费尔德霍芬

[72] 发明人 M·K·斯塔文加

R·J·布鲁尔斯 H·詹森

M·H·A·利恩德斯

P·F·万滕

J·W·J·L·库伊帕斯

R·G·M·比伦

A·M·C·P·德琼格

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 王波波

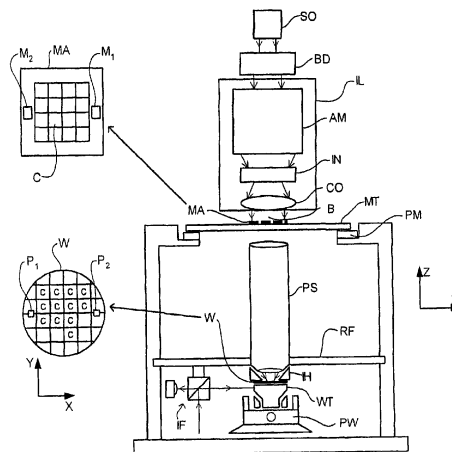
权利要求书4页 说明书16页 附图4页

[54] 发明名称

光刻设备和光刻设备清洗方法

[57] 摘要

公开了一种具有被配置为清洗表面的兆声换能器的浸没式光刻投射设备和一种利用兆声波清洗浸没式光刻投射设备的表面的方法。



1. 一种浸没式光刻投射设备，包括：
衬底台，其被构造并被布置为支撑衬底；
投射系统，其被配置为将图案化的辐射射束投射到所述衬底上；
兆声换能器，其被配置为清洗表面；以及
液体供应系统，其被构造并被布置为在所述兆声换能器和将要清洗的所述表面之间供给液体。
2. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述兆声换能器具有超过 750Hz、优选地超过 1MHz 的频率。
3. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述液体供应系统包括阻挡构件，其环绕所述兆声换能器的下端并且在所述阻挡构件和将要清洗的所述表面之间形成密封，由此包含所述兆声换能器和将要清洗的所述表面之间的液体。
4. 如权利要求 3 所述的设备，其中所述阻挡构件、所述换能器或两者相对于所述表面是可移动的。
5. 如权利要求 3 所述的设备，其中所述非接触密封是气封。
6. 如权利要求 3 所述的设备，其中所述表面是所述衬底台的顶面。
7. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述液体供应系统被构造并被布置为在所述表面上方供给液体流。
8. 如权利要求 1 所述的设备，其中在清洗模式下，所述兆声换能器被放置为面对所述表面以使声波在瞄准线路径上射向将要清洗的所述表面。
9. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述表面是所述衬底台的表面、被构造为在所述投射系统和将要曝光的衬底之间供给液体的液体限制系统的表面或两者。
10. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述液体供应系统包括槽

和被配置为使液体填充所述槽达到某一水平的控制器。

11. 如权利要求 10 所述的设备, 其中所述兆声换能器被置于所述槽的底部以在所述槽内的液体中感应射离所述槽的底部的声波。

12. 如权利要求 10 所述的设备, 其中所述槽在所述投射系统的下方可移动至清洗位置并且至少部分地围绕液体限制系统, 所述液体限制系统被构造为在使用时于所述投射系统和将要曝光的衬底之间供给液体, 并且所述某一水平低于所述投射系统的底部但是高于所述液体限制系统的底面。

13. 如权利要求 1 所述的设备, 其中所述液体供应系统包括环绕所述衬底台的顶面的阻挡物, 以使可在所述顶面上供给液体并且通过所述阻挡物防止其逸出。

14. 如权利要求 13 所述的设备, 其中所述阻挡物在清洗位置和非清洗位置之间是可移动的。

15. 如权利要求 1 所述的设备, 其中所述兆声换能器相对于所述表面是可移动的。

16. 如权利要求 1 所述的设备, 还包括用来保护所述投射系统的光学元件免受兆声波、液体或两者的影响的屏蔽。

17. 如权利要求 1 所述的设备, 还包括被配置为将气体引入所述液体的供气装置。

18. 如权利要求 17 所述的设备, 其中所述气体包括 N_2 、 CO_2 、 O_2 、 O_3 、含水的 H_2 或这些气体的混合物。

19. 如权利要求 1 所述的设备, 还包括用来向所述液体供给表面活性剂的表面活性剂供给装置和/或向所述液体供给 H_2O_2 的过氧化氢供给装置。

20. 如权利要求 1 所述的设备, 还包括用于在所述兆声换能器和将要清洗的所述表面之间产生所述液体流的泵。

21. 如权利要求 1 所述的设备, 其中所述液体供应设备包括用于控制所述液体中的 pH 值和/或电解质浓度的控制器。

22. 一种浸没式光刻投射设备，包括：

衬底台，其被构造并被布置为支撑衬底；

投射系统，其被配置为将图案化的辐射射束投射到所述衬底上；

兆声换能器，其被配置为清洗表面，所述兆声换能器相对于所述表面是可移动的，以使在清洗模式下通过液体的直接直线路径存在于所述兆声换能器和所述表面之间；以及

液体供应系统，其被配置为在所述换能器和所述表面之间供给液体。

23. 如权利要求 22 所述的设备，其中在所述清洗模式下，所述兆声换能器和所述表面以小于 50mm 的距离彼此面对。

24. 如权利要求 22 所述的设备，其中在所述清洗模式下，所述兆声换能器和所述表面以小于 50mm 的距离彼此面对，并且其中所述表面是被构造为在所述投射系统和将要曝光的衬底之间供给液体的液体限制系统的表面。

25. 如权利要求 22 所述的设备，还包括被配置为将气体引入所述液体的供气装置。

26. 如权利要求 25 所述的设备，其中所述气体选自： N_2 、 CO_2 、 O_2 、 O_3 、含水的 H_2 或这些气体的混合物。

27. 如权利要求 22 所述的设备，还包括被配置为将表面活性剂供给所述液体的表面活性剂供给装置。

28. 一种清洗浸没式光刻投射设备的表面的方法，所述方法包括：

在液体中覆盖将要清洗的所述表面的至少一部分；以及

将兆声波引入所述液体中。

29. 如权利要求 28 所述的方法，其中所述兆声换能器具有超过约 750kHz 的频率。

30. 如权利要求 28 所述的方法，其中所述兆声波利用所述兆声换能器引入并且包括相对于将要清洗的所述表面移动所述兆声换能

器。

31. 如权利要求 28 所述的方法, 其中所述兆声波垂直入射到将要清洗的所述表面。

32. 如权利要求 28 所述的方法, 其中所述兆声波以某一角度入射到将要清洗的所述表面。

33. 如权利要求 28 所述的方法, 包括在所述表面上方移动覆盖将要清洗的所述表面的至少一部分的所述液体。

34. 如权利要求 28 所述的方法, 包括在清洗模式下将兆声换能器放置为面对所述表面以使所述兆声波在瞄准线路径上射向将要清洗的所述表面。

35. 如权利要求 28 所述的方法, 还包括将气体引入所述液体。

36. 如权利要求 28 所述的方法, 还包括将表面活性剂引入所述液体。

37. 如权利要求 28 所述的方法, 还包括在将要清洗的所述表面和所述兆声换能器之间移动所述液体。

38. 如权利要求 28 所述的方法, 还包括以预定的 pH 值和/或利用电解质浓度提供所述液体。

39. 如权利要求 38 所述的方法, 其中所述预定的 pH 值和/或浓度使得将要清洗的所述表面和所述表面上将要移除的粒子的 ζ 电势不是具有不同极性的。

光刻设备和光刻设备清洗方法

技术领域

本发明涉及光刻设备和用于清洗光刻设备的方法。

背景技术

光刻设备是一种将想要的图案施加到衬底上、通常施加到衬底的目标部分上的机器。光刻设备可用于例如集成电路(IC)的制造。在那种情况下,可利用另外被称为掩模或掩模原版的图案形成装置生成将在 IC 的单个层上形成的电路图案。该图案可被转移到衬底(例如硅晶片)上的目标部分(例如包括管芯的一部分、一个或几个管芯)上。图案的转移通常借助于在提供在衬底上的辐射敏感材料(光刻胶)层上的成像。一般地,单个衬底将包含被连续图案化的相邻目标部分的网络。已知的光刻设备包括所谓的步进型和所谓的扫描型,在步进型中,通过一次使整个图案曝光到目标部分上而使各目标部分被照射;在扫描型中,通过辐射射束沿给定方向(“扫描”方向)扫描图案并同时与这个方向平行或反平行地同步扫描衬底而使各目标部分被照射。还可能的是,通过在衬底上压印图案将图案从图案形成装置转移至衬底。

曾经建议将光刻投射设备中的衬底浸入具有相对较高折射率的、例如水的液体中,以便填充投射系统的最后元件和衬底之间的空间。因为曝光辐射在液体中将具有更短的波长,所以这一点使得更小的特征能够成像。(液体的作用还可以被认为是增加了系统的有效 NA 并且还增加了焦深。)还推荐了其他的浸液,包括具有悬浮其中的固体粒子(例如石英)的水。

然而,在液体槽中浸没衬底或衬底和衬底台(参见例如美国专利

No. 4,509,852)意味着大量液体在扫描曝光期间必须要加速。这需要额外的或更强大的电动机并且液体中的湍流可导致不期望的以及无法预测的效应。

所建议的解决方案之一是液体供应系统,该液体供应系统利用液体限制系统仅在衬底的局部面积上以及在投射系统的最后元件和衬底之间供给液体(衬底通常具有比投射系统的最后元件更大的表面积)。建议用来进行这种布置的一种方式在申请号为 No. WO 99/49504 的 PCT 专利申请公布中被公开。如图 2 和 3 所说明的,液体通过衬底上的至少一个入口 IN、优选地沿衬底相对于最后元件的移动方向被供给并且于投射系统下方经过之后通过至少一个出口 OUT 被移去。也就是,当衬底在 X 方向上于元件下方被扫描时,液体在元件的+X 一侧被供给并且在-X 一侧被吸收。图 2 示意性示出了该布置,其中液体通过入口 IN 被供给并且在元件的另外一侧通过连接到低压源的出口 OUT 被吸收。在图 2 的说明中,液体沿着衬底相对于最后元件的移动方向被供给,尽管不必是这种情形。位于最后元件周围的入口和出口的各种取向和数量都是可能的,图 3 说明了一个实例,其中在任一侧上的四组入口加出口在最后元件的周围以规则的图案来设置。

图 4 示出了利用局部液体供应系统的另外的浸没式光刻解决方案。液体通过投射系统 PL 的任一侧上的两个凹槽入口 IN 来供给并且通过沿入口 IN 外径向布置的多个离散的出口 OUT 被移去。入口 IN 和出口 OUT 被布置在板上,所述的板具有位于其中心的孔并且通过该孔投射投影射束。液体通过投射系统 PL 的一侧上的一个凹槽入口 IN 被供给并且通过投射系统 PL 的另外一侧上的多个离散的出口 OUT 被移去,导致投射系统 PL 和衬底 W 之间的流体薄膜的流动。选择使用哪一对入口 IN 和出口 OUT 组合可能取决于衬底 W 的移动方向(另外的入口 IN 和出口 OUT 组合不起作用)。

在欧洲专利申请公布 No. EP 1420300 和美国专利申请公布 No.

US 2004-0136494 中，公开了一对或双台浸没式光刻设备的概念，每个申请的内容通过引用而被结合于此。这样的设备提供了用于支撑衬底的两个台。在没有浸液的情况下利用第一位置的台实施水准测量，并且在存在浸液之处利用第二位置的台实施曝光。或者，该设备仅具有一个台。

浸液可使(例如由制造过程留下的)碎片或粒子从光刻设备的若干部分和/或衬底或腐蚀成分中提升以致引入粒子。接着在成像之后可能使这种碎片留在衬底上或者这种碎片在悬浮于投射系统和衬底之间的液体中时可能会干扰成像。因此，应当解决浸没式光刻设备中的污染问题。

发明内容

例如，期望提供一种可以轻松且有效清洗的光刻设备并且提供一种用于有效清洗浸没式光刻设备的方法。

按照本发明的一个方面，提供一种浸没式光刻投射设备，该设备包括：衬底台，其被构造并被布置为支撑衬底；投射系统，其被配置为将图案化的辐射射束投射到衬底上；兆声换能器，其被配置为清洗表面；以及液体供应系统，其被构造并被布置为在兆声换能器和将要清洗的表面之间供给液体。

按照本发明的一个方面，提供一种浸没式光刻投射设备，该设备包括：衬底台，其被构造并被布置为支撑衬底；投射系统，其被配置为将图案化的辐射射束投射到衬底上；兆声换能器，其被配置为清洗表面，该兆声换能器相对于表面是可移动的，以使在清洗模式下通过液体的直接直线路径存在于兆声换能器和表面之间；以及液体供应系统，其被配置为在换能器和表面之间供给液体。

按照本发明的一个方面，提供一种清洗浸没式光刻投射设备的表面的方法，该方法包括：在液体中覆盖将要清洗的表面的至少一部分；以及将兆声波引入液体中。

附图说明

现在将仅仅通过举例并参考附图来描述本发明的实施例，在附图中，相应的附图标记表示相应的部分，并且其中：

图 1 描述了按照本发明实施例的光刻设备；

图 2 和图 3 描述了供光刻投射设备使用的液体供应系统；

图 4 描述了供光刻投射设备使用的另一个液体供应系统；

图 5 以截面图描述了供浸没式光刻设备使用的另一个液体供应系统；

图 6 以截面图说明了用来清洗衬底台的本发明的第一实施例；

图 7 以截面图说明了用来清洗液体供应系统的本发明的第二实施例；以及

图 8 以截面图说明了用来清洗衬底台的本发明的第三实施例。

具体实施方式

图 1 示意性地描述了按照本发明一个实施例的光刻设备。该设备包括：

照明系统(照明器)IL，其被配置为调节辐射射束 B(例如 UV 辐射或 DUV 辐射)；

支持结构(例如掩模台)MT，其被构造为支持图案形成装置(例如掩模)MA 并且与被配置为依照某些参数准确定位图案形成装置的第一定位装置 PM 相连；

衬底台(例如晶片台)WT，其被构造为支撑衬底(例如光刻胶涂敷的晶片)W 并且与被配置为依照某些参数准确定位衬底的第二定位装置 PW 相连；以及

投射系统(例如折射式投射透镜系统)PS，其被配置为将由图案形成装置 MA 赋予辐射射束 B 的图案投射到衬底 W 的目标部分 C(例如包括一个或多个管芯)上。

照明系统可包括对辐射进行导向、成形和/或控制的各种类型的光学部件，例如折射光学部件、反射光学部件、磁光学部件、电磁光学部件、静电光学部件或其他类型的光学部件或者其任何组合。

支持结构以依赖于图案形成装置的取向、光刻设备的设计以及其他条件(例如，是否在真空环境中支撑图案形成装置)的方式支撑着图案形成装置。支持结构可使用机械的、真空的、静电的或其他的夹紧技术来支撑图案形成装置。支持结构可以是例如可根据需要而被固定或可移动的框架或者台。支持结构可确保图案形成装置位于例如相对投射系统来说所期望的位置。在本文，术语“掩模原版”或“掩模”的任何用法可被认为与更通用的术语“图案形成装置”是同义的。

本文所使用的术语“图案形成装置”应当被广义地解释为指可用于将图案赋予辐射射束的截面以便在衬底的目标部分形成图案的任何装置。应当注意的是，例如如果图案包括相移特征或所谓的辅助特征，则赋予辐射射束的图案可能不是恰好对应于衬底的目标部分中想要的图案。一般地，赋予辐射射束的图案将对应于正在目标部分中形成的装置中的某功能层，例如集成电路。

图案形成装置可以是透射式或反射式。图案形成装置的实例包括掩模、可编程镜面阵列和可编程 LCD 面板。掩模在光刻领域中是公知的，并包括如二元、交变相移和衰减相移的掩模类型以及各种混合掩模类型。可编程镜面阵列的实例使用小镜面的矩阵布置，可以个别地使各镜面倾斜，以便以不同的方向反射入射的辐射射束。倾斜的镜面在被镜面矩阵反射的辐射射束中赋予图案。

本文所使用的术语“投射系统”应当被广义地解释为包含任何类型的投射系统，包括折射光学系统、反射光学系统、折反射光学系统、磁光学系统、电磁光学系统和静电光学系统或者其任何组合，它们适于正使用的曝光辐射或者适于其他因素，如浸液的使用或真空的使用。在本文，术语“投射透镜”的任何用法可被认为与更通用的术语“投射系统”是同义的。

正如这里所述,该设备是透射类型的(例如使用透射掩模)。或者,该设备可以是反射类型的(例如使用上文提到的类型的可编程镜面阵列或者使用反射掩模)。

光刻设备可以是具有两个(双台)或更多个衬底台(和/或两个或更多个支持结构)的类型。在这种“多台”机器中,附加的台或支持体可被并行使用,或者可以在一个或多个台上实施准备工序而一个或多个其他台用于曝光。

参考图 1,照明器 IL 接收来自辐射源 SO 的辐射射束。该源和光刻设备可以是不同的实体,例如当该源是受激准分子激光器时。在这样的情况中,不认为该源构成光刻设备的一部分,并且借助于包括例如合适的导向镜面和/或射束扩展器的射束输送系统 BD,将辐射射束从源 SO 传递至照明器 IL。在其他情况中,该源可以是光刻设备的组成部分,例如当该源是水银灯时。源 SO 和照明器 IL,如果需要的话连同射束输送系统 BD,可被称为辐射系统。

照明器 IL 可包括调整装置 AD,其被配置为调整辐射射束的角强度分布。一般地,可以调整照明器的光瞳平面上强度分布的至少外和/或内径向范围(通常分别被称为 σ 外和 σ 内)。另外,照明器 IL 可包括各种其他部件,如积分器 IN 和聚光器 CO。照明器可用于调节辐射射束,以在其截面上具有想要的均匀性和强度分布。

辐射射束 B 入射到在支持结构(例如掩模台 MT)上被支撑的图案形成装置(例如掩模 MA)上并且通过图案形成装置被图案化。辐射射束 B 穿过图案形成装置 MA 后,经过投射系统 PS,投射系统 PS 将射束聚焦到衬底 W 的目标部分 C 上。借助于第二定位装置 PW 和位置传感器 IF(例如干涉装置、线性编码器或电容传感器),衬底台 WT 可准确地移动,例如以便将不同的目标部分 C 定位在辐射射束 B 的路径上。类似地,第一定位装置 PM 和另一位置传感器(图 1 中没有明确示出)可用于相对于辐射射束 B 的路径准确定位图案形成装置 MA,例如在从掩模库中机械取出之后或在扫描期间。一般地,借助

于构成第一定位装置 PM 的部分的长行程模块(粗糙定位)和短行程模块(精细定位)可实现支持结构 MT 的移动。类似地,利用构成第二定位装置 PW 的部分的长行程模块和短行程模块可实现衬底台 WT 的移动。在步进型的情形中(与扫描型相反),支持结构 MT 可以只和短行程执行器相连或者可以被固定。可以使用图案形成装置对准标记 M1、M2 和衬底对准标记 P1、P2 对准图案形成装置 MA 和衬底 W。尽管如图所示的衬底对准标记占据专用目标部分,但是可使它们位于目标部分之间的空间(这些被称为划道对准标记)。类似地,在图案形成装置 MA 上提供不止一个管芯的情形中,可使图案形成装置对准标记位于管芯之间。

所描述的设备可用于下列模式中的至少一种:

1. 在步进模式中,支持结构 MT 和衬底台 WT 基本上保持不动,而使赋予辐射射束的整个图案一次投射在目标部分 C 上(即单次静态曝光)。接着,衬底台 WT 在 X 和/或 Y 方向上移动,以使不同的目标部分 C 可被曝光。在步进模式中,曝光区的最大尺寸限制了在单次静态曝光中成像的目标部分 C 的尺寸。

2. 在扫描模式中,同步扫描支持结构 MT 和衬底台 WT,而使赋予辐射射束的图案投射在目标部分 C 上(即单次动态曝光)。衬底台 WT 相对于支持结构 MT 的速度和方向可通过投射系统 PS 的(退)放大和图像反转特征来确定。在扫描模式中,曝光区的最大尺寸限制了在单次动态曝光中目标部分的宽度(在非扫描方向上),而扫描移动的长度确定了目标部分的高度(在扫描方向上)。

3. 在另一模式中,支撑可编程图案形成装置的支持结构 MT 基本上保持不动,移动或扫描衬底台 WT,而使赋予辐射射束的图案投射在目标部分 C 上。在这种模式中,一般地,使用脉冲辐射源并且在衬底台 WT 每次移动之后或者在扫描期间的连续辐射脉冲之间根据需要对可编程图案形成装置进行更新。可以容易地将这种操作模式应用于利用如上面提到的类型的可编程镜面阵列的可编程图案形

成装置的无掩模光刻。

还可以使用上述使用模式的组合和/或变形或者完全不同的使用模式。

曾经建议的利用局部液体供应系统解决方案的另一个浸没式光刻解决方案是为液体供应系统提供至少沿投射系统的最后元件和衬底台之间的空间的边界的至少一部分延伸的阻挡构件。这种解决方案在图 5 中进行说明。阻挡构件在 XY 平面上相对于投射系统基本上是不动的, 尽管在 Z 方向上(在光轴方向上)可能存在有某一相对移动。在一个实施例中, 在阻挡构件和衬底的表面之间构成了密封并且可能是例如气封的非接触密封。

阻挡构件 12 至少部分包含投射系统 PS 的最后元件和衬底 W 之间的空间 11 中的液体。对衬底的非接触密封 16 可以在投射系统的像场周围形成以使液体被限制在衬底表面和投射系统的最后元件之间的空间内。该空间至少部分地由位于投射系统 PS 的最后元件下面并环绕该元件的阻挡构件 12 形成。通过液体入口 13 将液体引入投射系统下方以及阻挡构件 12 内的空间并且通过液体出口 13 可以将液体移去。阻挡构件 12 可在投射系统的最后元件上方少许延伸并且液体水平升到最后元件上方以使提供了液体缓冲。阻挡构件 12 具有内部边缘, 在一个实施例中该内部边缘在上端与投射系统或其最后元件的形状紧密相符并且可能例如是圆的。在底部, 内部边缘与像场的形状紧密相符, 例如为矩形, 尽管不必是这种情形。

通过使用期间于阻挡构件 12 的底部和衬底 W 的表面之间形成的气封 16 使液体包含在空间 11 中。气封由在压力下通过入口 15 提供至阻挡构件 12 和衬底之间的空隙的并且通过出口 14 抽取的气体形成, 例如空气和合成空气, 但是在一个实施例中为 N_2 或另一种惰性气体。气体入口 15 上的过压、出口 14 上的真空水平和空隙的几何形状被布置以使存在有限制液体的向内的高速气流。那些入口/出口可以是环绕空间 11 的环状凹槽并且气流 16 有效地使液体包含于

空间 11 中。这种系统在美国专利申请公布 No. US 2004-0207824 中公开，该专利申请的全部内容通过引用而结合于此。

如上面注意到的，浸没式光刻设备是一种其中衬底通过液体成像的设备。也就是，浸液设置在投射系统 PS 的最后元件和衬底之间。这种布置可能引起一个或多个特殊问题。具体地，应当将液体限制在设备中并且同样地应当使液体保持尽可能不含在成像期间可能导致缺陷的和/或在成像之后以及下游处理之前留在衬底表面上的外物粒子。有时，浸液故意包括悬浮的粒子。

本发明的一个或多个实施例通过提供用来清洗浸没式光刻投射设备的设备和方法解决了外物粒子问题，其中将清洗液施加于将要清洗的表面并且将兆声波引入液体以清洗表面。清洗液可能与浸液相同或可能与浸液不同。它可以例如是超纯水。

与超声波相比，兆声波产生非常小的空化气泡(其爆裂或振动)并且因此可以非常接近将要清洗的表面。然而，存在有对可利用兆声引入液体的能量的限制。一般地，尽管可将超声能量引入液体中的任何地方并且使之遍布整个液体，但是兆声能量仅仅是局部高并且因此必须直接射向将要清洗的表面。也就是，直接路径(瞄准线/笔直)必须存在于引入兆声波的换能器和将要清洗的表面之间。该路径的整个长度应当充满液体。

兆声频率通常被认为是在 750kHz 至 3MHz 之间。对目前的实际应用来说，使用大约 750kHz 以上、1MHz 以上或 1.5MHz 以上的频率。

当引入的声能的频率增加时，接近将要清洗的物体表面的、清洗流体中的滞止边界层变得更薄。在兆声频率下，清洗部分地由清洗流体中具有高速压力波的声流以及气泡振动和更小程度上由空化和气泡爆裂来完成。

在兆声频率下，可移去直径小于 0.5 μm 的粒子，而不损坏正在清洗的表面。如上所述，从换能器到正被清洗的表面(瞄准线)必须存

在有毫无障碍的路径。为了进一步提高清洗效率，可使气体溶解到液体中以促进空化(气泡形成)。合适的气体是氮、二氧化碳或氧，但是其他气体可能同样是适合的，例如臭氧或氢(含水的)。液体中表面活性剂的使用可进一步提高清洗效率。其他提高清洗效率的可能性包括在清洗液中使用除垢剂或溶剂或者添加 H_2O_2 溶液。

可能想要在浸没式光刻设备中清洗的物体包括但不限于支撑衬底 W 的衬底台 WT(其顶面)、在成像期间浸没在浸液中的投射系统 PS 的最后元件以及在成像期间于投射系统 PS 的最后元件和衬底 W 之间供给液体的液体限制系统的若干部分(例如在图 2-5 中说明的那些)。

在一个实施例中，提供液体供应系统以在兆声换能器和将要清洗的表面之间供给液体。在该实施例中，液体供应系统提供液流以使在清洗表面时移去液体，从而将自表面移去的粒子运走。一种合适的液体是超纯形式的水。然而，其他类型的液体可能是合适的。此外，如上所述，例如表面活性剂的液体的添加剂同样可能具有优点。其他清洗液是例如水/过氧化氢、水/乙醇、水/异丙醇(IPA)、水/氨或水/丙酮混合物。可用作添加剂的其他化学物质包括 TMAH 和 SC-1 或 SC-2。

将气体(或一些溶剂)引入液体的一个原因是，这促进稳定的空化。这导致稳定的气泡在液体中形成。这些气泡接着由于兆声波而振动，这导致的清洗比起所谓的瞬时空化可能对正在清洗的表面的损害更小，所谓的瞬时空化是其中溶剂蒸发成气泡并且接着内爆或破裂的空化。这些激烈的内爆可导致表面的损害并且典型地在超声波频率下是可见的而在兆声频率下不太显著，在兆声频率下产生的气泡往往比超声波频率下产生的气泡更小。然而，如上所注意到的，需要在将要清洗的表面的瞄准线上提供兆声波。

多达 100 秒的处理时间可导致大约 1MHz 频率下多达 100% 的粒子移除效率。如果声频超过 3MHz 很多，则粒子移除效率在刚刚超

过 1MHz 的频率上显著减少。将气体引入液体主要影响粒子移除效率。随着氧以 20ppm 的水平引入液体中, 34nm 直径的 SiO_2 粒子的移除可使移除效率从零增加到 30%。因此, 超过大约 5ppm 的气体浓度可能是有用的。

温度同样可能是重要的, 并且在高温(比方说 55°C)下溶解的气体越少、高温下反应时间越快之间应当达到平衡。

还存在有液体的 pH 值的影响。在低 pH 值下, 液体中存在有许多 H^+ 离子, 其产生正表面电荷。同样地, 在高 pH 值下, 液体包含许多 OH^- 离子, 其产生负表面电荷。因此, 保证液体的 pH 值远离 pH 7 确保了已经移除粒子之后粒子的再次沉积不会发生。此外, 当粒子和表面带有相等电荷(或正或负)时, 粒子和表面之间的静电排斥有助于自表面提升粒子。

换能器的功率应当在 0.2 和 $5\text{W}/\text{cm}^2$ 之间, 照射距离应当在 5 和 20mm 之间, 并且清洗时间应当在 10 和 90 秒之间。对于由兆声换能器穿过直接路径到达将要清洗的表面的来自兆声换能器的声波来说, 推荐了用来清洗浸没式光刻设备的不同部分的若干设计。

图 6 说明了第一实施例, 其可用来例如清洗衬底台 WT 的顶面。在这个实施例中, 液体供应系统包括环绕换能器 20 的阻挡构件 12。阻挡构件 12 可能类似于图 5 的液体限制系统的阻挡构件, 因为其包括气封装置 14、15, 气封装置 14、15 利用气流 16 产生阻挡构件 12 的底部和衬底台 WT 的顶面之间的密封。安装在阻挡构件 12 内的换能器 20 可因此被放置得非常靠近衬底台 WT 的表面。这是有利的, 因为换能器 20 应当非常小, 以便于安装在阻挡构件 12 内, 并且因此应当将其放置得相对靠近正进行清洗的衬底台 WT 的顶面(因为它具有低功率)。在一个实施例中, 兆声换能器 20 距正在清洗的表面的距离小于 1.5mm 或小于 1.6mm。所提供的液体流穿过阻挡构件 12, 并且换能器 20 的底部在液体中被覆盖。

衬底台 WT 和/或阻挡构件 12 和换能器 20 相对于另一个进行移

动, 以使可以清洗衬底台 WT 的所有顶面。清洗可以自动的方式发生于光刻设备内, 或者可以绕过阻挡构件 12 和换能器 20 在衬底台 WT 的顶面上方以手或某些工具手工实施。

如果清洗过程是自动的, 则安排这些的一种方式提供阻挡构件 12 和换能器 20 布置, 以便自固定的储存位置可移动至(固定的)清洗位置, 并且当换能器 20 处在(固定的)清洗位置时相对于换能器 20 移动衬底台 WT。可能需要在起启动清洗装置的液体供应系统之前在 Z 轴上移动衬底台 WT。一旦气流 16 已经产生, 则阻挡构件 12 就供给液体, 并且在 X-Y 平面上移动衬底台 WT, 以使期望进行清洗的表面可得以清洗。

图 7 说明了利用之以便清洗如图 2-5 中说明的液体限制系统 LCS 的第二实施例, 所述液体限制系统 LCS 位于投射系统 PS 的最后元件的附近。在图 7 中, 作为一个实例说明了依照图 5 所示的液体限制系统。

在这个实施例中, 设置了可移动槽 50, 可移动槽 50 在其底部表面具有兆声换能器 20。因为没有特定的尺寸约束, 第二实施例的兆声换能器 20 可大于第一实施例的兆声换能器。因此, 兆声换能器和将要清洗的表面(液体限制系统的底面)之间的距离可以作得更大, 并且可多达 50mm。在一个实施例中, 该距离小于 40mm, 或小于 30mm。

控制器控制槽 50 的位置, 它在储存位置和清洗位置(如图所示)之间是可移动的, 并且控制槽 50 中的流体水平。在一个实施例中, 控制液体水平, 以便覆盖液体限制系统 LCS 的底面但是未覆盖投射系统 PS 的最后元件。因此, 空隙 75 未充满液体。这是为了保护投射系统的最后元件免遭声波和/或清洗液对它的损害。另外或另一方面, 屏蔽(也许是板的形式)可用来保护投射系统的最后元件不受兆声波和/或液体的影响。在一个实施例中, 这种槽布置可用来清洗投射系统 PS 的最后元件, 并且在这种情况下, 控制器增加槽 50 中的液体水平, 以使投射系统 PS 的最后元件在液体中被覆盖。

在图 7 所说明的第二实施例中, 槽 50 和/或换能器 20 相对于清洗位置的投射系统 PS 以及液体限制系统 LCS 是可移动的, 以使液体限制系统 LCS 的表面下的整体可得以清洗。当然, 如果换能器 20 大到足以清洗未移动情况下的液体限制系统 LCS 的整个底面(或者刚好是其期望的部分), 则不必执行这个过程。

在图 8 所说明的、用来清洗例如衬底台 WT 的顶面的第三实施例中, 衬底台 WT 设有可伸缩的阻挡物 80, 在其清洗位置阻挡物 80 在将要清洗的衬底台 WT 的顶面上方和附近伸展。一旦阻挡物 80 已经升到其清洗位置时, 就可在将要清洗的表面上提供液体, 并且可使兆声换能器 20 在衬底台 WT 的表面上方移动(其中换能器 20 的底面被液体覆盖)和/或可使衬底台 WT 在换能器 20 的下方移动, 从而清洗衬底台 WT 的顶面。当然, 类似的实施例是可能的, 其中阻挡物 80 是不可伸缩的并且永久地连接到衬底台 WT, 或者是可拆卸部分。换能器 20 可以是固定的或者是可拆卸的(特别是在 Z 方向上), 和/或在清洗操作期间在 X/Y 轴上还是可移动的。

在清洗衬底台 WT 的顶面时, 还可能同时清洗设于衬底台 WT 的顶面上的一个或多个传感器。传感器类型的实例包括传输图像传感器、透镜干涉仪和/或光点传感器。

在一个实施例中, 确保由换能器产生的声波以 90° 入射到将要清洗的表面可能是有用的。出于这个目的, 可设置测微计, 以便相对于将要清洗的表面调节换能器 20 的倾斜。在一个实施例中, 设置相对于表面倾斜的换能器可能是有利的, 并且可再次利用测微计对其进行调节。测微计还可用来调节换能器至将要清洗的表面的距离。在所有实施例中, 穿过换能器和将要清洗的表面之间距离的液体流是所期望的, 尽管并不是必需的。

上述兆声清洗器非常适合于自表面移除粒子。然而, 一旦已经移除了这些粒子, 它们有时又会自己重新附着于表面上, 除非将其中悬浮有粒子的液体快速移走。因此, 期望在兆声换能器和正在清

洗的表面之间提供液体流。具体地说,期望设计设备以使不存在零流速的位置(滞流带)。

阻止或至少减少粒子再附着于表面的另一种方法是改变换能器和表面之间液体的特性,以确保粒子的 ζ 电势和表面的 ζ 电势使得粒子不会附着于该表面上,优选地使得它们从表面被排除出去。

ζ 电势是液体中表面的电势。 ζ 电势通常随着距表面的距离而减小。给定类型的材料具有针对特定类型液体的给定的 ζ 电势。一种改变表面的 ζ 电势的方法是改变液体中电解质的浓度,并且另一种改变 ζ 电势的方法是改变液体的pH值。通过仔细选择液体中电解质(例如盐)的浓度或液体的pH值,可以选择(i)由此移除粒子的表面(和/或其中将避免附着的任何其他表面)的 ζ 电势和(ii)粒子的 ζ 电势。优选地,选择这两个 ζ 电势,以使它们具有相同的极性并且因此排斥。

利用制成正在清洗的表面的材料的知识和利用材料类型的知识选择液体的pH值和/或电解质浓度是可能的。如果材料是相同的,则应当容易选择pH值或电解质浓度,在该pH值或电解质浓度下,对表面和粒子来说, ζ 电势是非零的。在该情况下,对表面和粒子来说,电势将是正的或负的,以使它们将互相排斥,并且粒子将不能再附着于该表面上。如果材料是不同的,pH值或电解质浓度可能更难以选择,但是可能将存在有至少一个pH值和/或浓度,在该pH值和/或浓度下,对两种材料来说, ζ 电势将具有相同的极性。

由于改变液体pH值可能对材料的溶解性具有负面影响,这可自己导致污染或材料完整性的损失,因此最好改变电解质浓度。如果通过添加盐(NaCl)来改变电解质浓度,则这不会对液体的pH值产生大的影响(即液体保持中性)。

所有上述技术组合的使用(具体为改变pH值和电解质浓度以改变 ζ 电势以及使用表面活性剂)可能是最好的方法。

尽管在本文中可能具体提到了在IC制造中使用光刻设备,但是应当理解,本文所述的光刻设备可具有其他应用,例如,制造集成

光学系统、磁畴存储器的制导和检测图案、平板显示器、液晶显示器(LCD)和薄膜磁头等。本领域技术人员应当意识到,在这种可选用的应用情况中,本文中术语“晶片”或“管芯”的任何用法可被认为分别与更通用的术语“衬底”或“目标部分”是同义的。本文提到的衬底可在曝光之前或之后在例如涂胶显影机(track)(一种通常将光刻胶层施加于衬底并显影曝光的光刻胶的工具)、计量工具和/或检查工具中被处理。在可适用的地方,本文的公开内容可适用于这种和其他衬底处理工具。另外,例如为了形成多层 IC,衬底可经过不止一次的处理,以使本文所使用的术语“衬底”还可指已经包含多个经过处理的层的衬底。

本文所使用的术语“辐射”和“射束”包含所有类型的电磁辐射,包括紫外(UV)辐射(例如具有大约 365、248、193、157 或 126nm 的波长)。

在情况允许的地方,术语“透镜”可指各种类型的光学部件的任何一种或组合,包括折射光学部件和反射光学部件。

虽然在上面对本发明的具体实施例进行了描述,但是将意识到,可以与所述的不同的方式来实施本发明。例如,本发明可采用描述上面公开的方法的、包含一个或多个机器可读指令序列的计算机程序的形式,或者采用将这样的计算机程序存储在其中的数据存储介质(例如半导体存储器、磁盘或光盘)的形式。

本发明的一个或多个实施例可用于任何浸没式光刻设备,具体为但不是仅仅是上述这些类型以及是以槽的形式提供浸液还是仅仅在衬底的局部表面面积上提供浸液。如本文所预计的液体供应系统应当被广义地解释。在某些实施例中,它可以是将液体提供至投射系统和衬底和/或衬底台之间的空间的机构或结构组合。它可包括将液体提供至该空间的一种或多种结构、一个或多个液体入口、一个或多个气体入口、一个或多个气体出口、和/或一个或多个液体出口的组合。在一个实施例中,空间的表面可以是衬底和/或衬底台的一部分,或者空间的表面可完全覆盖衬底和/或衬底台的表面,或者该

空间可包围衬底和/或衬底台。液体供应系统还可任选地包括用来控制流体的位置、数量、质量、形状、流速或任何其他特征的一个或多个元件。

按照所期望的特性和所使用的曝光辐射的波长，在该设备中使用的浸液可具有不同的成分。对于 193nm 的曝光波长，可使用超纯水或基于水的成分，并且出于这个原因，浸液有时被称为水，并且可使用与水有关的术语，例如亲水的、疏水的、湿度等。

上面的描述是用于说明而不是限制的。因而，对本领域的技术人员来说显而易见的是，只要未背离下面所陈述的权利要求书的范围，可对所描述的本发明进行修改。

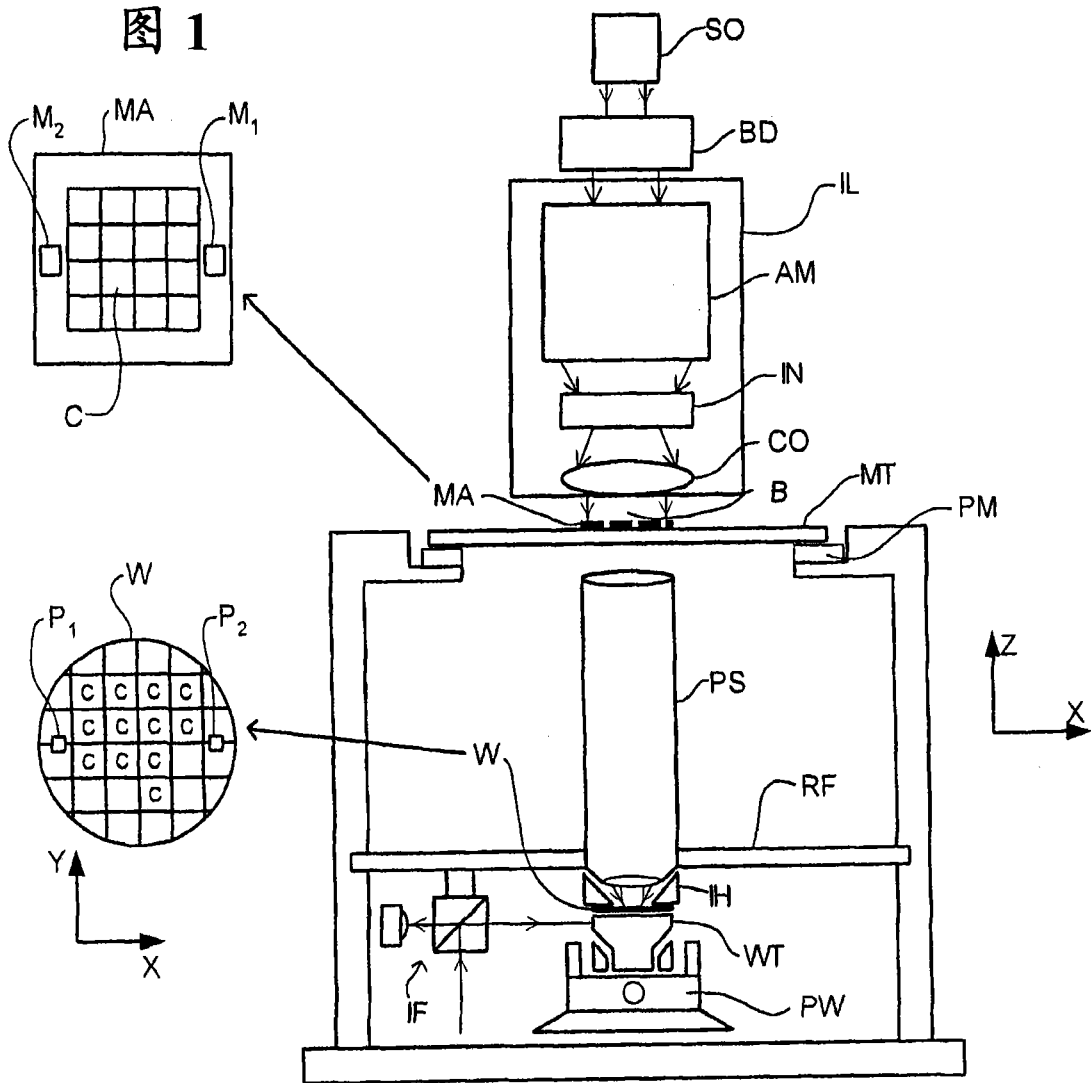


图 2

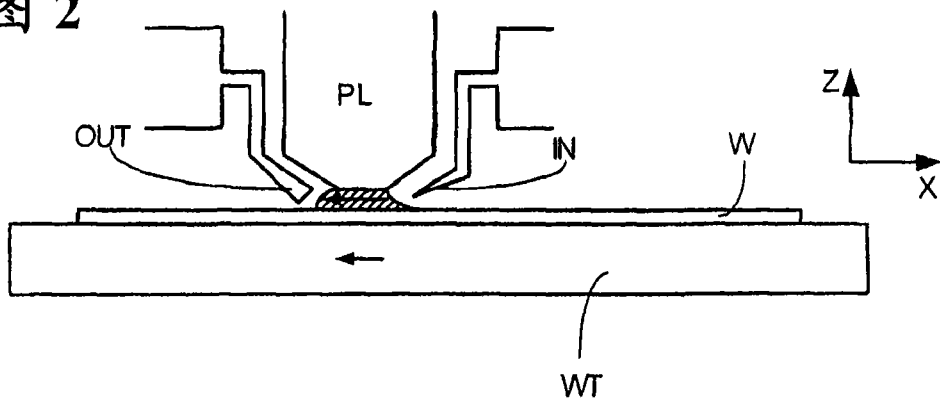


图 3

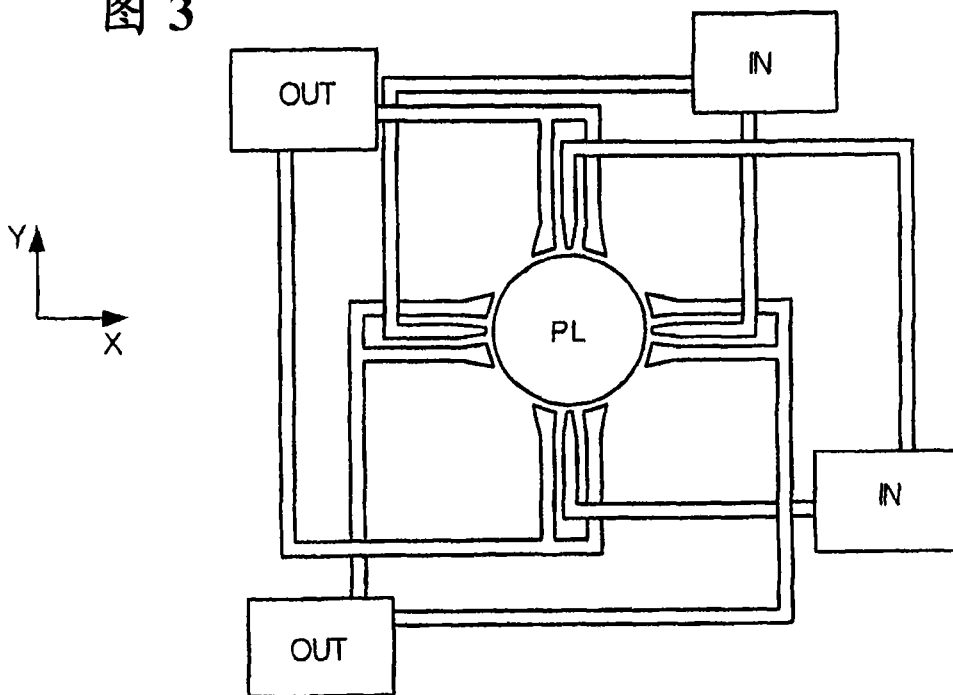


图 4

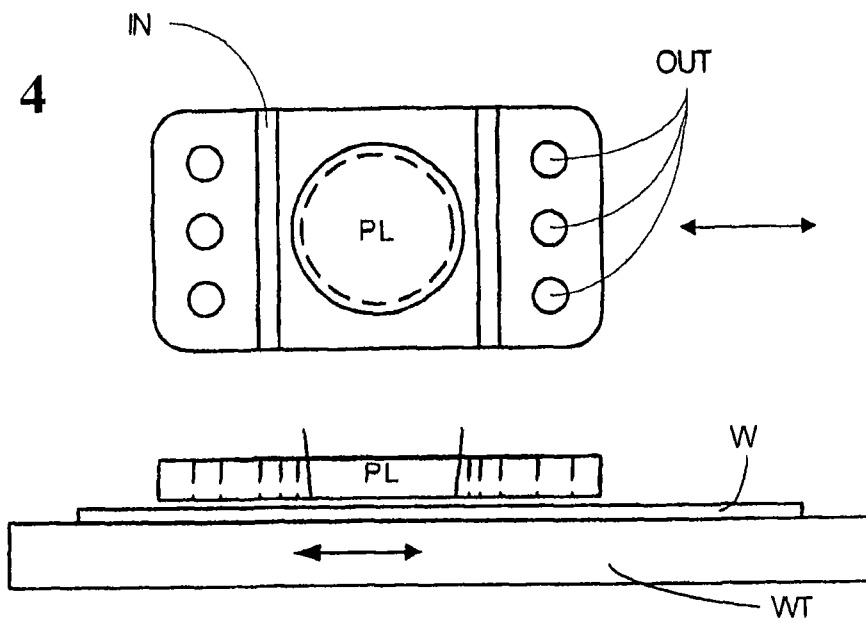


图 5

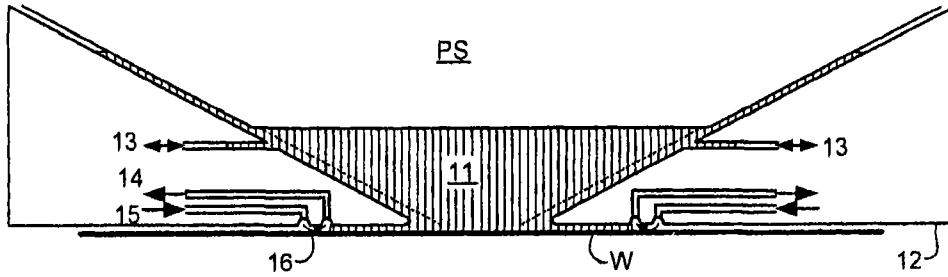


图 6

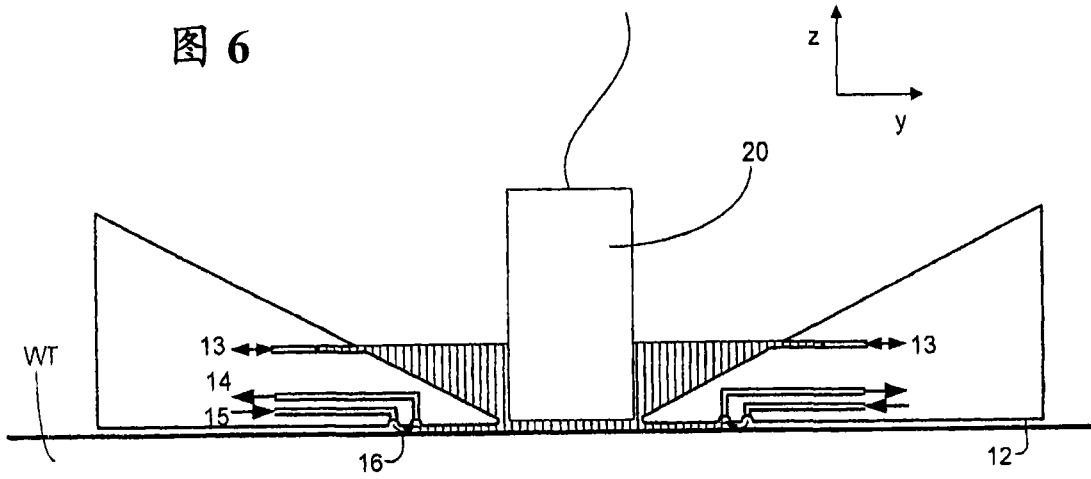


图 7

