



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114097065 A

(43) 申请公布日 2022.02.25

(21) 申请号 202080051174.4

(22) 申请日 2020.07.17

(30) 优先权数据

16/541,618 2019.08.15 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.01.14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2020/070292 2020.07.17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/030823 EN 2021.02.18

(71) 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 O·奥兹特克 S·J·贝姆斯伯格

斋藤真树 A·阿加里

S·C·沙克尔顿 崔炳镇

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

代理人 李东晖

(51) Int.Cl.

H01L 21/3105 (2006.01)

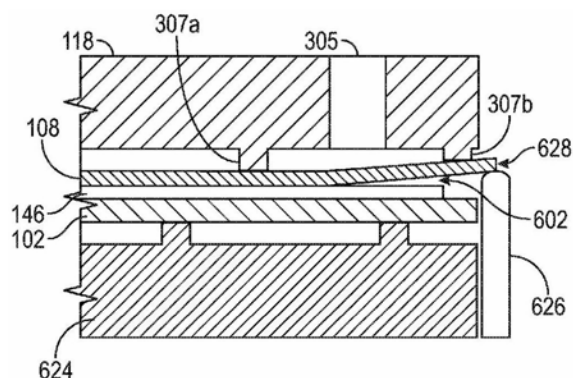
权利要求书2页 说明书10页 附图9页

(54) 发明名称

制造物品的平整过程、装置和方法

(57) 摘要

提供了一种方法,所述方法包括在至少基板和覆板的堆叠的边缘上的部位处产生至少一个裂缝;沿着周边扩展所述裂缝;以及相对于所述基板移动所述覆板以完成所述覆板与所述基板的分离。



1. 一种方法,所述方法包括:
在至少基板和覆板的堆叠的边缘上的部位处产生至少一个裂缝;
沿着周边扩展所述裂缝;以及
相对于所述基板移动所述覆板以完成所述覆板与所述基板的分离。
2. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括在所述边缘上的所述部位处向所述基板和所述覆板之间引入正流体压力以产生所述裂缝。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述正流体压力包括清洁干燥空气流、氮气流或氦气流。
4. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括:
用负流体压力将所述覆板保持在覆板卡盘中;以及
将负流体压力的高流动施加到所述覆板上的周边分区以沿着所述堆叠的边缘扩展所述裂缝。
5. 根据权利要求4所述的方法,所述方法还包括在将负流体压力的高流动施加到所述覆板上的周边分区的同时继续将正流体压力引入到分离部分。
6. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括用覆板卡盘在远离所述基板的方向上移动所述覆板。
7. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括将负流体压力施加到所述覆板上的中心分区以用覆板卡盘完成所述覆板与所述基板的分离。
8. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括在所述覆板的边缘上的所述部位处施加力以产生所述裂缝。
9. 根据权利要求8所述的方法,所述方法还包括通过在所述堆叠的边缘的另一部位处向所述基板和所述覆板之间施加正流体压力来产生另一裂缝。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中通过引入正流体压力或机械接触来施加力。
11. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括:
堆叠所述基板和覆板以使得所述覆板包括悬垂边缘部分;以及
将力施加到所述悬垂边缘部分以产生裂缝。
12. 根据权利要求11所述的方法,所述方法还包括:
将所述覆板的另一边缘部分与所述基板的边缘部分处的凹口对准;以及
将力施加到所述另一边缘部分以在所述基板和所述覆板之间产生另一裂缝。
13. 一种卡夹系统,所述卡夹系统包括:
覆板卡盘,所述覆板卡盘配置成用负流体压力保持覆板;以及
力源,所述力源配置成将力施加到与基板堆叠的所述覆板的边缘上的部位,从而在所述边缘上的所述部位处在所述基板和所述覆板之间产生裂缝。
14. 根据权利要求13所述的卡夹系统,其中所述覆板卡盘包括槽岸的图案,并且位于所述覆板卡盘的边缘附近的槽岸中的一个在位于所述覆板卡盘的内部分处的其他槽岸下方凹陷以在产生所述裂缝的同时允许所述覆板朝向所述覆板卡盘偏转。
15. 根据权利要求13所述的卡夹系统,所述卡夹系统还包括配置成用负流体压力保持所述基板的基板卡盘。
16. 根据权利要求15所述的卡夹系统,其中所述基板卡盘包括槽岸的图案,并且位于所

述基板卡盘的边缘处的槽岸中的一个在位于所述基板卡盘的内部分处的其他槽岸下方凹陷以在产生所述裂缝的同时允许所述基板朝向所述基板卡盘偏转。

17. 根据权利要求13所述的卡夹系统, 其中所述力源包括用以产生横向机械推动的机构或者朝向所述覆板的边缘的正流体压力源。

18. 根据权利要求13所述的卡夹系统, 其中所述基板包括布置在其边缘处的凹口, 并且所述力源包括经由所述凹口施加到所述覆板的负流体压力源。

19. 根据权利要求13所述的卡夹系统, 所述卡夹系统还包括用以通过所述覆板卡盘向所述覆板施加负流体压力的负流体压力源。

20. 根据权利要求13所述的卡夹系统, 其中

所述覆板卡盘配置成保持所述覆板, 使得所述覆板包括悬垂部分, 并且所述力源配置成将力施加到所述覆板的所述悬垂部分以产生所述裂缝。

21. 一种制造物品的方法, 所述方法包括:

形成堆叠在基板和覆板之间的固化材料;

在所述基板和所述覆板之间的边缘处的部位处产生至少一个裂缝;

沿着周边扩展所述裂缝; 以及

将所述覆板与所述固化材料分离。

制造物品的平整过程、装置和方法

技术领域

[0001] 本公开涉及基板加工,并且更具体地涉及半导体制造中的表面的平整。

背景技术

[0002] 平整技术可用于制造半导体器件。例如,用于制造半导体器件的过程包括反复地向基板添加材料和从基板移除材料。该过程可以生产出具有不规则高度变化(即形貌)的分层基板,并且随着添加更多的层,基板的高度变化会增加。高度变化对于向分层基板添加更多层的能力具有负面影响。另外,半导体基板(例如,硅晶片)本身并不总是完全平坦的并且可能包括初始表面高度变化(即,形貌)。解决该问题的一种方法是在分层步骤之间平整基板。各种光刻图案化方法受益于平坦表面上的图案化。在基于ArFi激光的光刻中,平整改善了焦深(DOF)、临界尺寸(CD)、以及临界尺寸均匀性。在极紫外光刻(EUV)中,平整改善了特征布局 and DOF。在纳米压印光刻(NIL)中,平整改善了图案转印之后的特征填充和CD控制。

[0003] 有时被称为基于喷墨的自适应平整(IAP)的平整技术涉及在基板和覆板之间分配可聚合材料的可变液滴图案,其中液滴图案根据基板形貌而变化。然后使覆板与可聚合材料接触,此后材料在基板上聚合,并且移除覆板。需要对包括IAP技术在内的平整技术进行改进,以改善例如整体晶片加工和半导体器件制造。

发明内容

[0004] 提供了一种方法。所述方法包括在至少基板和覆板的堆叠的边缘上的部位处产生至少一个裂缝,沿着周边扩展所述裂缝,以及相对于所述基板移动所述覆板以完成所述覆板与所述基板的分离。所述方法还可以包括在所述边缘上的所述部位处向所述基板和所述覆板之间引入正流体压力以产生所述裂缝。所述正流体压力包括清洁干燥空气流、氦气流或氮气流。所述方法还可以包括用负流体压力将所述覆板保持在覆板卡盘中以及将负流体压力的高流动施加到所述覆板上的周边分区以沿着所述堆叠的边缘扩展所述裂缝。

[0005] 在将负流体压力的高流动施加到所述覆板上的周边分区的同时继续将正流体压力引入到分离部分。可以用覆板卡盘在远离所述基板的方向上移动所述覆板。所述方法还可以包括将负流体压力施加到所述覆板上的中心分区以用覆板卡盘完成所述覆板与所述基板的分离。所述方法还可以包括在所述覆板的边缘上的所述部位处施加力以产生所述裂缝。可以通过在所述堆叠的边缘的另一部位处向所述基板和所述覆板之间施加正流体压力来产生另一裂缝。可以通过引入正流体压力或机械接触来施加力。

[0006] 所述方法还可以包括堆叠所述基板和所述覆板以使得所述覆板包括悬垂边缘部分;以及将力施加到所述悬垂边缘部分以产生裂缝。可以将所述覆板的另一边缘部分与所述基板的边缘部分处的凹口对准,并且将力施加到所述另一边缘部分以在所述基板和所述覆板之间产生另一裂缝。

[0007] 还提供了一种卡夹系统。所述系统包括配置成用负流体压力保持覆板的覆板卡盘和力源,所述力源配置成将力施加到与基板堆叠的所述覆板的边缘上的部位,从而在所述

边缘上的所述部位处在所述基板和所述覆板之间产生裂缝。所述覆板卡盘包括槽岸的图案,并且位于所述覆板卡盘的边缘附近的槽岸中的一个在位于所述覆板卡盘的内部分处的其他槽岸下方凹陷以在产生所述裂缝的同时允许所述覆板朝向所述覆板卡盘偏转。所述卡夹系统还可以包括配置成用负流体压力保持所述基板的基板卡盘。所述基板卡盘包括槽岸的图案,并且位于所述基板卡盘的边缘处的槽岸中的一个在位于所述基板卡盘的内部分处的其他槽岸下方凹陷以在产生所述裂缝的同时允许所述基板朝向所述基板卡盘偏转。

[0008] 所述力源包括用以产生横向机械推动的机构或朝向所述覆板的边缘的正流体压力源。所述基板包括布置在其边缘处的凹口,并且所述力源包括经由所述凹口施加到所述覆板的负流体压力源。所述卡夹系统还可以包括用以通过所述覆板卡盘向所述覆板施加负流体压力的负流体压力源。所述覆板卡盘配置成保持所述覆板,使得所述覆板包括悬垂部分。所述力源配置成将力施加到所述覆板的悬垂部分以产生所述裂缝。

[0009] 提供了一种制造物品的方法。所述方法包括形成堆叠在基板和覆板之间的固化材料;在基板和覆板之间的边缘处的部位处产生至少一个裂缝;沿着周边扩展所述裂缝;以及将覆板与固化材料分离。

[0010] 当结合附图和所提供的权利要求阅读本公开的示例性实施例的以下详细描述时,本公开的各种目的、特征和优点将变得显而易见。

附图说明

[0011] 通过参考附图中示出的实施例,可以对本发明的实施例进行更具体描述,以使得可以详细地理解本发明的特征和优点。然而,应当注意,附图仅示出了本发明的典型实施例,因此不应被视为对其范围的限制,并且本发明可以允许其他的等同有效的实施例。

[0012] 图1是示出平整系统的图;

[0013] 图2A至2C示出了平整过程;

[0014] 图3A至3B示出了一个实施例中的多分区覆板卡盘;

[0015] 图4A至4E示出了用于在基板上形成层的覆板卡盘的操作;

[0016] 图5是图4A至4E中所示的平整过程的流程图;

[0017] 图6A示出了在一个实施例中在基板和覆板的堆叠的边缘处引发的分离裂缝,并且图6B示出了用于引发这种分离裂缝的可伸缩销与基板凹口的对准;

[0018] 图6C示出了在另一实施例中在基板和覆板的堆叠的边缘处引发的分离裂缝;

[0019] 图7A至7C示出了当分离裂缝被引发并围绕堆叠的周边扩展时基板和覆板的堆叠的俯视图;

[0020] 图8示出了分离的基板和覆板;

[0021] 图9是如图7和8中所示的分离过程的流程图;

[0022] 图10示出了在另一实施例中在基板和覆板的堆叠的边缘处引发的分离裂缝;

[0023] 图11A和11B示出了另一实施例中的具有改善的分区密封的多分区覆板卡盘;以及

[0024] 图12示出了图11A和11B的覆板卡盘的分区内的示例性沟槽结构的放大图。

[0025] 在所有附图中,除非另有说明,否则相同的附图标记和字符用于表示所示实施例的相似特征、元件、部件或部分。此外,尽管现在将参考附图详细描述本公开,但这是结合说明性的示例性实施例来完成的。在不脱离由所附权利要求限定的本公开的真实范围和精神

的情况下,可以对所描述的示例性实施例进行修改和变型。

具体实施方式

[0026] 平整系统

[0027] 图1示出了用于平整的系统。平整系统100用于平整基板102上的膜。基板102可以联接到基板卡盘104。基板卡盘104可以是但不限于真空卡盘、销型卡盘、凹槽型卡盘、静电卡盘、电磁卡盘等。

[0028] 基板102和基板卡盘104可以进一步由基板定位台106支撑。基板定位台106可以提供沿着x、y、z、 θ 、 ψ 和 ϕ 轴中的一个或多个的平移和/或旋转运动。基板定位台106、基板102和基板卡盘104也可以定位在底座(未示出)上。基板定位台可以是定位系统的一部分。

[0029] 与基板102间隔开的是覆板108,该覆板108具有面向基板102的工作表面112。覆板108可以由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、碳氟聚合物、金属、硬化蓝宝石等的材料形成。在实施例中,覆板容易对紫外光(UV光)透明。表面112通常具有与基板108的表面相同或略小的面积尺寸。

[0030] 覆板108可以联接到覆板卡盘118或由覆板卡盘118保持。覆板卡盘118可以是但不限于真空卡盘、销型卡盘、凹槽型卡盘、静电卡盘、电磁卡盘和/或其他类似的卡盘类型。覆板卡盘118可以配置成向覆板108施加在覆板108上变化的应力、压力和/或应变。在实施例中,覆板卡盘同样容易对UV光透明。覆板卡盘118可以包括诸如基于分区的真空卡盘、致动器阵列、压力球囊等的系统,其可以向覆板108的后表面施加压差以促使模板弯曲和变形。在一个实施例中,覆板卡盘118包括基于分区的真空卡盘,其可以向覆板的后表面施加压差,促使覆板弯曲和变形,正如本文进一步详述的那样。

[0031] 覆板卡盘118可以联接到作为定位系统的一部分的平整头120。平整头120能够可移动地联接到桥接件。平整头120可以包括一个或多个致动器,例如音圈马达、压电马达、线性马达、螺母和螺杆马达等,其配置成至少在z轴方向以及可能的其他方向(例如x、y、 θ 、 ψ 和 ϕ 轴)上相对于基板102移动覆板卡盘118。

[0032] 平整系统100还可以包括流体分配器122。流体分配器122也能够可移动地联接到桥接件。在实施例中,流体分配器122和平整头120共用所有定位部件中的一个或多个。在替代实施例中,流体分配器122和平整头彼此独立地移动。流体分配器122可以用于将液体可成形材料124(例如,可光固化的可聚合材料)的液滴沉积到基板102上,其中沉积材料的体积在基板102的区域上至少部分地基于其形貌轮廓而变化。不同的流体分配器122可以使用不同的技术来分配可成形材料124。当可成形材料124可喷射时,可以使用喷墨型分配器来分配可成形材料。例如,热喷墨、基于微机电系统(MEMS)的喷墨、阀喷射、以及压电喷墨是用于分配可喷射液体的常用技术。

[0033] 平整系统100还可以包括固化系统,所述固化系统包括沿着曝光路径128引导光化能(例如UV辐射)的辐射源126。平整头120和基板定位台106可以配置成将覆板108和基板102定位成与曝光路径128重叠。在覆板108已经接触可成形材料124之后,辐射源126沿着曝光路径128输送光化能。图1示出了当覆板108不与可成形材料124接触时的曝光路径128。这样做是为了说明目的,使得可以容易地识别各个部件的相对位置。本领域技术人员应该理解的是,当覆板108与可成形材料124相接触时,曝光路径128基本上不会改变。

[0034] 平整系统100还可以包括摄像头136,所述摄像头136定位成用以在平整过程期间当覆板108接触可成形材料124时观察可成形材料124的扩散。图1示出了现场摄像头的成像视野(imaging field)的光轴138。如图1中所示,平整系统100可以包括一个或多个光学部件(二向色镜、光束组合器、棱镜、透镜、反射镜等),其将光化辐射与要由摄像头136检测的光组合。摄像头136可以包括CCD、传感器阵列、线列式摄像头和光电检测器中的一个或多个,其配置成收集一定波长的光以显示出在覆板108下方并且与可成形材料124接触的区域以及在覆板108下方但不与可成形材料124接触的区域之间的对比度。摄像头136可以配置成提供可成形材料124在覆板108下方的扩散的图像和/或覆板108与固化的可成形材料124的分离的图像。摄像头136还可以配置成测量干涉条纹,该干涉条纹随着可成形材料124在表面112和基板表面之间的间隙之间扩散而改变。

[0035] 平整系统100可以由与一个或多个部件和/或子系统(例如基板卡盘104、基板定位台106、覆板卡盘118、平整头120、流体分配器122、辐射源126和/或摄像头136)通信的一个或多个处理器140(控制器)调节、控制和/或引导。处理器140可以基于存储在非暂时性计算机存储器142中的计算机可读程序中的指令进行操作。处理器140可以是或者可以包括CPU、MPU、GPU、ASIC、FPGA、DSP、以及通用计算机中的一种或多种。处理器140可以是专用控制器或者可以是适合作为控制器的通用计算装置。非暂时性计算机可读存储器的示例包括但不限于RAM、ROM、CD、DVD、蓝光存储、硬盘驱动器、网络附加存储(NAS)、内联网连接的非暂时性计算机可读存储装置、以及互联网连接的非暂时性计算机可读存储装置。

[0036] 在操作中,平整头120、基板定位台106或上述两者改变覆板118和基板102之间的距离以限定用可成形材料124填充的期望空间(三维的有界物理范围)。例如,平整头120可以朝向基板移动并且向覆板108施加力,使得覆板接触可成形材料124的液滴并且使其扩散,正如本文进一步详述的那样。

[0037] 平整过程

[0038] 平整过程包括在图2A-2C中示意性示出的步骤。如图2A中所示,可成形材料124以液滴的形式分配到基板102上。如前所述,基板表面具有一定的形貌,其可以基于先前的加工操作获知或者可以使用轮廓仪、AFM、SEM或基于光学干涉效应的光学表面轮廓仪(如Zygo NewView 8200)进行测量。沉积的可成形材料124的局部体积密度根据基板形貌而变化。然后将覆板108定位成与可成形材料124接触。

[0039] 图2B示出了在使覆板108与可成形材料124完全接触之后但在聚合过程开始之前的接触后步骤。当覆板108接触可成形材料124时,液滴合并以形成填充覆板108和基板102之间的空间的可成形材料膜144。优选地,填充过程以均匀的方式进行而没有任何空气或气泡被截留在覆板108和基板102之间以便最小化未填充缺陷。可成形材料124的聚合过程或固化可以用光化辐射(例如,UV辐射)引发。例如,图1的辐射源126可以提供促使可成形材料膜144固化、凝固和/或交联的光化辐射,从而在基板102上限定固化平整层146。替代地,可成形材料膜144的固化也可以通过使用热、压力、化学反应、其他类型的辐射或者这些方式的任意组合来引发。一旦形成了固化平整层146,就可以将覆板108与其分离。图2C示出了在分离覆板108之后基板102上的固化平整层146。然后可以对基板和固化层进行用于器件(物品)制造的另外的已知步骤和处理,包括例如图案化、固化、氧化、层形成、沉积、掺杂、平整、蚀刻、可成形材料移除、切割、结合和封装等。可以加工基板以生产多个物品(器件)。

[0040] 在覆板和基板之间扩散、填充和固化平整材料

[0041] 当可成形材料液滴扩散、合并且填充覆板和基板之间的间隙时,用于最小化覆板108和基板之间的空气或气泡的截留的一种方案是:定位覆板以使其在基板的中心与可成形材料进行初始接触,然后进一步的接触以从中心到周边的方式径向进行。这需要覆板或基板或上述两者偏转或弓弯以在覆板中形成曲率轮廓。然而,鉴于覆板108通常具有与基板102相同或相似的面积尺寸,有效的整体覆板弓弯曲率轮廓需要覆板的显著竖向偏转以及覆板卡盘和平整组件的伴随竖向运动这两者。出于控制、精度和系统设计的考虑,这种显著的竖向偏转和运动可能是不合需要的。例如,可以通过向覆板的内部区域施加背压来获得这样的覆板轮廓。然而,在这样做时,仍然需要周边保持区域来将覆板保持在覆板卡盘上。如果在可成形材料液滴扩散和合并期间覆板和基板的周边边缘都被卡夹平整,则在该平坦的卡夹区域中将没有可用的覆板曲率轮廓。这可能会不利于液滴的扩散和合并,这也可能会导致该区域中的未填充缺陷。另外,一旦可成形材料的扩散和填充完成,所得到的覆板卡盘、卡夹覆板、可成形材料、基板和基板卡盘的堆叠可能是过度约束的系统。这可能会导致所得到的平整膜层的不均匀平整轮廓。也就是说,在这样的过度约束的系统中,来自覆板卡盘的所有的平坦度误差或变化(包括前后表面平坦度)都可能会传递到覆板并且影响平整膜层的均匀性。

[0042] 为了解决以上问题,在一个实施例中,提供了如图3A和3B中所示的多分区覆板卡盘118。覆板卡盘118包括中心分区301和围绕中心分区301的一系列环分区303。环分区303可以被限定为围绕覆板卡盘118的边缘、周界或周边的周边环分区303b以及位于中心分区301和周边环分区303b之间的多个内环分区303a。多个环分区303可以由从覆板卡盘118的表面突出的一系列槽岸307限定。如图3A和3B中所示,槽岸307可以围绕中心分区301形成。在每个环分区303中,形成至少一个端口305以通过覆板卡盘118连接,以便允许压力源向由其保持的覆板施加正压或负压(例如真空)。

[0043] 图3B示出了覆板卡盘118的侧横截面图。每个槽岸307从覆板卡盘118的表面突出一定高度。槽岸307包括围绕周边环分区303b的周边槽岸307b以及在中心分区301和周边环分区303b之间的一系列内槽岸307a。如图3B中所示,内槽岸307a具有基本相同的高度,而周边槽岸307b的高度小于内槽岸307a的高度。覆板卡盘118的中心分区301可以是圆形腔的形式,使得压力源(未示出)可以通过关联的通道308和端口305施加空气或气体压力以偏转被保持的覆板的中心部分。真空压力可以类似地通过相同的通道和端口施加到中心分区301。覆板卡盘118的中心分区301可以与被保持的覆板的中心部分对准。类似地,周边环分区303a可以与被保持的覆板的周界或周边对准。在环分区303周围类似地设有用于施加压力或真空的相应通道308和端口305。

[0044] 转向图4A-4E,示出了用于接触、扩散和合并已沉积的可成形材料124的液滴的过程。如图4A中所示,在使覆板108与可成形材料124接触之前,正压(由箭头P指示)通过覆板卡盘118的中心分区301的端口305施加到被保持的覆板108以使覆板108的中心部分朝向可成形材料124偏转。压力P施加到中心分区301以将初始偏转控制在预定范围并保持覆板108的预定曲率,如图4A中所示。同时,通过环分区303中的端口305向覆板108施加负压,优选为真空(由箭头V指示),以用覆板卡盘118保持覆板108。然后使覆板108与可成形材料124的液滴进行初始接触,如图4B中所示。

[0045] 然后通过从靠近中心分区301的内环分区303a顺序释放真空(V)使覆板108的偏转从中心部分沿径向向外的方向延伸。以该方式,可成形材料的液滴接触、扩散和合并以形成具有流体前沿的膜层,随着覆板接触基板并顺应基板,所述流体前沿径向向外推进。当从内环分区303a顺序释放真空时,通过中心分区301施加的压力P被保持在期望值。压力P也可以通过已经释放了真空的内环分区303a中的通道308和端口305施加到覆板108。在如图4C所示的实施例中,已经从最接近内分区301的三个内环303a顺序释放真空,随着真空已经顺序释放而顺序施加压力P。在该顺序的真空释放和加压期间平整头也可以向下移动。

[0046] 覆板108的偏转然后在径向方向上顺序地进一步延伸,直到从所有的内环分区303a释放真空,同时保持经由周边环分区303b施加的真空V。对于每个内环分区303a,一旦真空已被释放,也就施加压力P。如图4D中所示,当已经从所有的内环分区303a释放了真空时,除了经由通过周边分区303b施加的真空V而仍然由基板卡盘118保持的基板108的周边之外,覆板108偏转以顺应基板102。因而,覆板108的边缘保持在偏转的弯曲状态,以用于分配在基板102的周边上的可成形材料液滴的最终扩散和合并。另外,相对于内槽岸307a降低的周边槽岸307b有助于保持这样的曲率。

[0047] 在图4E中,通过周边环分区303b施加的真空V随后被释放以便从覆板卡盘118完全释放覆板108。这提供了多个优点。首先,通过从原本保持在弯曲状态的周边环分区303b释放覆板108的周边,能够以相同的中心到周边的径向方式完成剩余可成形材料液滴的扩散和合并,从而继续最小化空气或气体截留以及由此导致的未填充缺陷。具体地,相对于内槽岸307a凹陷的周边槽岸307b允许覆板108在释放之前保持期望的曲率。其次,通过从覆板卡盘118完全释放覆板108,移除了由于卡夹状态对覆板108的任何过度约束,从而减少了否则可能由于这种约束状态而发生的局部非均匀平整。第三,从覆板卡盘118释放覆板108消除了任何的卡盘非平坦度误差或变化到覆板108的转移,这也减少了局部非均匀平整变化。

[0048] 一旦覆板108被释放,就可以施加固化能量来固化可成形材料以形成平整层。如前所述,固化源可以是用于固化可成形材料124的光束。在一个实施例中,可以参考覆板的直径来调节或控制光束的尺寸。还可以控制光束以预定角度入射到基板上。在固化期间,可以调节基板102相对于固化源的横向位置(即,在X-Y平面中)。在固化过程之后,正如本文进一步描述的那样,覆板108由覆板卡盘118重新保持并且覆板108随后与基板分离。

[0049] 图5示出了如图3和图4中所示的平整过程的流程图。在步骤501中,将可成形材料液滴124分配在基板102上。在步骤S502中,使覆板108的中心分区朝向可成形材料液滴124偏转。在步骤S503中,使偏转的覆板108随后由覆板卡盘118推进成与可成形材料124接触。在步骤S504中,覆板108的偏转从中心分区朝向覆板108的周边延伸。然后,在步骤S506中,停止由覆板卡盘118施加力(例如通过施加到覆板108的周边的真空)来保持覆板108,以使得覆板108从覆板卡盘118释放(即,解卡)。在步骤S507中固化可成形材料124。在固化之后,覆板108由覆板卡盘118重新保持以将覆板108与固化的可成形材料146分离。

[0050] 当例如使用UV光固化材料作为可成形材料124时,希望覆板卡盘118是透明的且UV固化时具有高的UV光透射率(以及对于成像例如通过如图1中所示的摄像头136成像而言具有高的光透射率)。如上所述,气动供应通道308和端口305、分区303、以及槽岸307被集成到覆板中,如图3和图4所示。这些结构可能会给UV固化带来问题。特别地,与没有此类特征的区域相比,通道308和槽岸307下方的区域中的UV透射率可能显著降低,导致可成形材料的

固化不足或不均匀固化。该现象有时被称为“阴影效应(shadowing effect)”。阴影效应在槽岸307的边缘处可能特别显著。另外,当覆板100卡夹到槽岸307时,由于两个表面在光学上彼此不接触,因此将存在薄的气隙。该类型的薄间隙有时可能会完全阻挡UV。该现象被称为槽岸和覆板之间的“薄膜效应”。

[0051] 上述“阴影效应”的一种解决方案包括在从覆板卡盘解卡(即释放)覆板之后覆板和基板的堆叠在晶片台上按照x、y和/或 θ 坐标的移动。通过在UV曝光期间以该方式移动晶片台,可以将本应保留在通道、端口和槽岸下方的覆板和基板的区域周期性地移动到覆板卡盘下方的不存在卡盘特征的区域。所需的相对运动可以通过以下的公式(1)进行估算:

$$[0052] \quad I_m = \frac{I_h(w_h - w_l) + I_l w_l}{w_h} \quad (1)$$

[0053] 其中, I_m 是运动范围内的期望平均强度, I_h 是卡盘的无特征区域上的高强度(即最大值或“最大”强度), I_l 是对象特征处的强度(即最低值或“低”强度), w_h 是达到 I_m 的估计运动范围, w_l 是对象特征宽度(例如,槽岸、端口或通道的宽度)。例如,假设无特征区域中的UV透射率为100%,并且假设期望的 I_m 为该值的90%,并且进一步假设 $w_l = 1\text{mm}$,则根据公式(1),期望的相对运动范围 $w_h = 8.0\text{mm}$ 。替代地,可以通过相对于覆板卡盘翻转或倾斜UV源来移动UV源以改变入射到覆板卡盘上的UV光的的角度,这也可以减少对象特征附近的阴影效应。“薄膜效应”可以通过沿z轴方向相对运动(例如,通过解卡覆板并将晶片台在z方向上移动远离覆板卡盘)以在覆板和覆板卡盘之间产生足够的间隙来避免。上述的各种解决方案可以单独或组合应用以提高某些区域中的总UV剂量均匀性,并且最小化阴影和薄膜效应。在各种实施例中,与基板或覆板相比,所施加的UV光束可以尺寸更小、尺寸相同或尺寸更大。在一个实施例中,所施加的UV光束可以比基板大一定的尺寸以在持续将整个基板暴露于UV光的同时适应上述的相对运动 w_h 。

[0054] 从固化平整膜层分离覆板

[0055] 一旦可成形材料已固化并形成了平整膜层,就必须从形成的层移除或释放覆板。然而,当覆板和基板具有相同或相似的面积尺寸时,难以在覆板和形成的层之间引发和扩展分离裂缝,而这是为了使覆板与形成的层完全分离所必需的。该问题可以通过图6-8中所示的结构和方法来解决。如图6A和6B中所示,基板卡盘604包括位于卡盘的周边处的可伸缩销606,其可以与基板102上的凹口608对准。这样的凹口(例如,晶片凹口)对于半导体晶片是常见的,其目的是在加工和操作期间定向晶片。在操作中,可伸缩销606定位成与位于基板102上的凹口608对准。为了引发分离,销606向上移动通过凹口608并与覆板108的边缘处的部位610相接触,如图6A中所示。由销606施加的力足以在覆板108和基板102上的固化层146之间引发分离裂缝601。一旦产生裂缝601,就通过经由覆板卡盘118的端口305施加真空压力使覆板108的边缘朝向覆板卡盘118偏转。通过覆板卡盘118的槽岸307b比相邻槽岸307a更短而便于进行该偏转,这为覆板108的边缘远离基板102并朝向覆板卡盘118偏转提供了空间。为产生裂缝601所施加的力可以取决于覆板、平整膜层和基板的几何和物理条件。替代地,可以通过在基板102和覆板108之间引入正压来产生裂缝601,如图6C所示。在此,基板卡盘614包括连接到正流体压力源(未示出)的喷嘴616。一旦启动喷嘴616,正流体压力 P_l 就通过喷嘴616递送到覆板118的边缘处的部位610以用足够的力引发分离裂缝601。正流体压力可以包括清洁干燥空气流、氦气流或氮气流。在产生裂缝601的同时,覆板102被

保持在覆板卡盘118中,并且基板102由基板卡盘104保持。

[0056] 图7-8示出了分离的进展。图7A示出了与基板上形成的层完全接触(如阴影区域所示)的覆板118的俯视图。在图7B中,已经如上所述引发了分离裂缝601。一旦引发了裂缝601,负压的高流动或真空即被施加到覆板卡盘118的外环分区303b,以便接合覆板108的边缘并且围绕外环分区303b扩展分离裂缝601。该扩展从凹口608在两个方向上沿圆周进行,如箭头C所示。为了帮助裂缝601围绕外环分区303b扩展,可以随着裂缝扩展的进行在基板102和覆板108之间供应额外的横向气流(未示出)。图7C示出了围绕外环分区303b完全扩展的裂缝601。

[0057] 一旦分离裂缝已经围绕外环分区完全扩展,就可以沿着覆板108的Z轴方向施加向上运动以完成覆板108与基板上的固化层的分离。图8示出了与基板102完全分离的覆板108。在完成分离时,覆板108相对于基板102的显著向上运动可以在覆板108和基板102之间的剩余接触区域处引起剪切应力。替代地,可以在更早的期望位置处停止Z方向的运动,并且可以通过向内环分区和/或中心环分区持续施加真空压力来推进和结束分离。通过在连续分离期间向一个或多个内环分区303a和/或中心分区301施加真空,可以最小化这种剪切应力。

[0058] 图9示出了如图7和图8中所述和所示的分离过程的流程图。在步骤S901中,在覆板108和固化层之间引发分离裂缝。然后在步骤S902中围绕覆板108的周边扩展分离裂缝。在步骤S903中,将覆板的剩余部分与固化层分离。在上面讨论的实施例中,覆板108和基板102的分离包括:通过机械力例如推销或气压产生裂缝的步骤;向外分区施加真空压力以扩展裂缝、牢固地保持覆板108、用足够安全以避免向上解卡覆板的力在Z方向上使覆板108向上移动并远离基板102的步骤;以及在沿Z方向的向上移动期间向覆板108的中心施加真空以完成分离的步骤。替代地或与以上的Z方向运动方案相组合地,也可以通过从基板的一侧或多侧(未示出)连续施加具有高压力的面内(或横向)定向流来影响分离的扩展。

[0059] 在图6的实施例中,由机械销606(图6A)或流体喷嘴616(图6B)通过晶片凹口608施加向上的力而开始引发裂缝。图10示出了配置成引发分离裂缝的基板卡盘的另一实施例。在此,基板卡盘624包括单独的可伸缩销626,当覆板108和基板非同心布置时,所述可伸缩销可以引发分离裂缝。该非同心布置导致覆板108的一部分628悬垂在基板102之上。可以通过经由销626的移动向悬垂部分110施加力来产生裂缝602。替代地,悬垂部分608也可以通过使用比基板稍大的覆板来获得。以该方式,覆板108仍然可以与基板102同心布置。在任一情况下,例如在图6A或6B或其他的实施例中,基板卡盘624还可以包括机械销或喷嘴,其与销626间隔开以围绕覆板周边形成用于引发分离裂缝的多个部位。

[0060] 覆板卡盘

[0061] 如上所述,覆板108优选地由覆板卡盘118保持或支撑,所述覆板卡盘118向环分区303内的覆板和卡盘表面之间的体积施加压力或真空(负压),所述环分区303由从卡夹表面延伸的槽岸307限定。除了最外侧槽岸307a之外,内槽岸307b优选地具有相同的高度,使得相邻的内槽岸307b之间的间隙的深度保持恒定。出于诸如最小化气体填充或抽空响应时间、槽岸刚度特性、限制热效应(例如膨胀或收缩)等原因,槽岸高度(即,间隙的深度)通常保持为很小,例如在约数十至数千微米的数量级。在操作中,当对环分区施加真空以保持覆板抵靠该分区的槽岸时,在覆板-槽岸界面处形成真空密封。然而,当在与卡夹真空相反的

方向上向覆板施加足够的力或压力时,基板可以被抬离卡盘的槽岸。在覆板和槽岸之间的某个间隙处,真空密封失效或以其他方式泄漏会导致该分区内的真空压力降低甚至为零。然后覆板可能会意外地从卡盘解卡。此外,即使覆板未被解卡,例如当在图4和图5的过程中顺序地释放相邻的环分区中的真空压力时,真空泄漏也可能会破坏所需的控制水平。在图4和图5的过程中,在外槽岸处的这种泄漏也可能对覆板的期望外边缘曲率的受控保持产生负面影响。类似地,在图7至图9的过程中,外槽岸泄漏可能会破坏分离裂缝的引发和扩展。

[0062] 为了应对这样的非期望泄漏,提供了包含沟槽结构1109的覆板卡盘1118,如图11A和11B中所示。类似于覆板卡盘118,覆板卡盘1118同样包括多个槽岸307,这些槽岸可以限定为从覆板卡盘1118的表面1119突出的一系列内槽岸307a和周边槽岸307b。如图11B和图12中所示,表面1119是用于保持或固持覆板108的保持或固持表面。一系列内分区303a由槽岸307a限定。在至少一个环分区303中形成从卡盘1118的表面凹陷的沟槽1109。沟槽可以是同心的并且位于环分区的对应槽岸之间。在内环分区303a中形成的沟槽1109a位于相对于关联的内环分区宽度远离卡盘1118的中心的位置处。相比之下,形成在周边环分区303b中的沟槽1109b位于相对于外环分区宽度靠近基板卡盘1118的中心的区域处。即,形成在内环分区303a中的沟槽1109a形成在对应内环分区303a的外径处,而形成在周边环分区303b中的沟槽1109b形成在周边分区303b的内径处。

[0063] 在操作中,沟槽1109用作提供均匀高真空压力源的缓冲器,即使在远离沟槽的槽岸处的覆板之间存在间隙的情况下,该高真空压力源也继续作用于覆板。以该方式,真空的顺序向外径向释放以及对中心分区和相邻环分区施加正压能够以受控方式进行。也就是说,即使施加到相邻内分区的正压的大小可以使覆板偏转到足以在远侧槽岸处产生间隙,也可以保持在给定环分区中施加的真空压力。换言之,提供沟槽1109允许容忍一定程度的泄漏,而不会中断预期的过程。类似地,位于具有较小外槽岸高度的周边环分区中的沟槽1109b操作用以即使在外槽岸处存在小间隙的情况下也能在外环分区中保持足够的真空压力。这使得即使在存在一定程度泄漏的情况下,覆板的外周边也能够保持在期望曲率,以用于沉积的可成形材料液滴的最终扩散和合并(参见图4D)以及用于分离裂缝的引发和扩展(参见例如图6)。

[0064] 图12是示例性沟槽结构1109b的放大横截面图。实现期望真空缓冲性能所需的环分区内的特定沟槽尺寸和相关位置取决于覆板夹盘槽岸高度和环分区宽度。在图12所示的示例中,沟槽1109b位于环分区303b内并且从卡盘表面凹陷。在该示例中,外槽岸307b的高度 h_1 小于内槽岸307a的高度 h_2 。在典型的使用中,槽岸高度差可以在约5微米至约50微米的范围内。环分区303b具有宽度 d 。沟槽1109b定位成使第一边缘与槽岸307b的距离为 d_1 ,第二边缘与槽岸307a的距离为 d_2 。沟槽1109b具有深度 h_3 和宽度 d_3 。在该实施例中,这些参数之间的关系满足以下条件:

[0065] $h_1 < h_2$

[0066] $h_3 > 10h_2$

[0067] $d_3 < 0.5d$

[0068] $d_1 > d_2 + d_3$

[0069] 将沟槽1109b连接到压力源(未示出)的端口305与沟槽相交或以其他方式位于沟

槽内。如果端口不与沟槽相交,就不能维持必要的高压,并且沟槽将失效。在以上的实施例中,外槽岸 h_1 是预期发生泄漏的地方。对于内环沟槽1109b,槽岸高度可以相同,即 $h_1=h_2$ 。在该情况下,距离 d_1 是从预期泄漏的指定槽岸(即 h_1 或 h_2)测量的。例如,在图11A和11B的实施例中,内环分区303a包括定位成更靠近其相应环分区的外槽岸(从卡盘中心径向测量)的沟槽1109a以在环分区的顺序真空释放和随后的加压期间减轻内槽岸处的泄漏,正如在与图4-5相关联的过程中所述。

[0070] 根据本说明书,各个方面的更多变型和替代实施例对于本领域技术人员来说将显而易见。因此,本说明书仅被解释为说明性的。应当理解,本文所示和所描述的形式应被视为实施例的示例。元件和材料可以针对本文所示和所描述的内容进行替换,部件和过程可以颠倒,并且某些特征可以独立使用,所有这些对于受益于本说明书之后的本领域技术人员来说将显而易见。

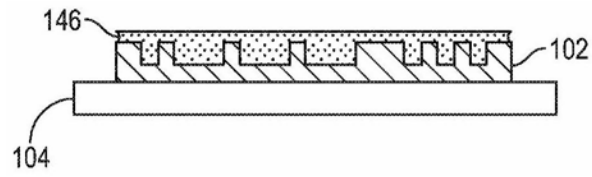


图2C

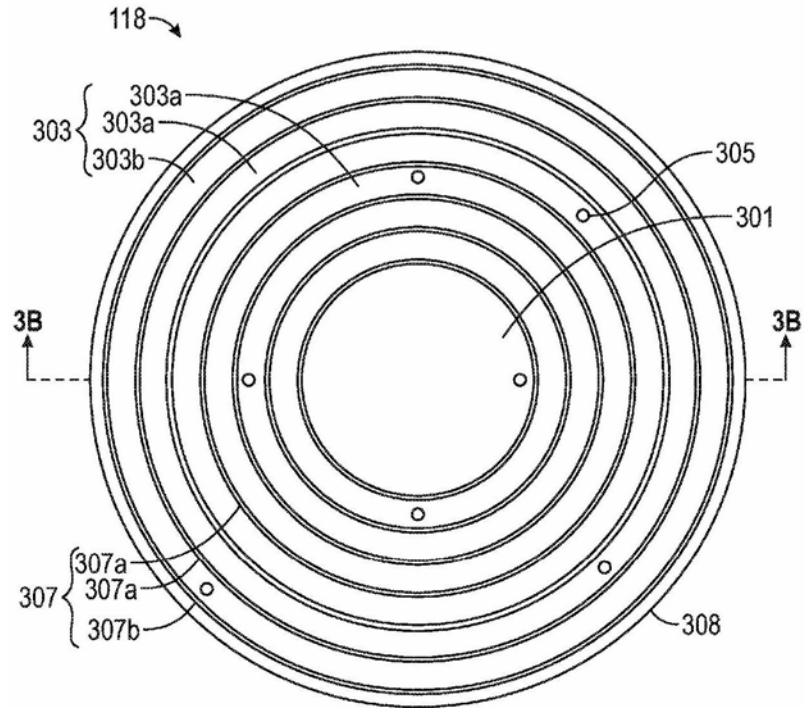


图3A

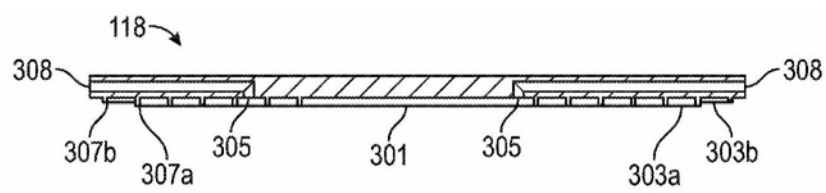


图3B

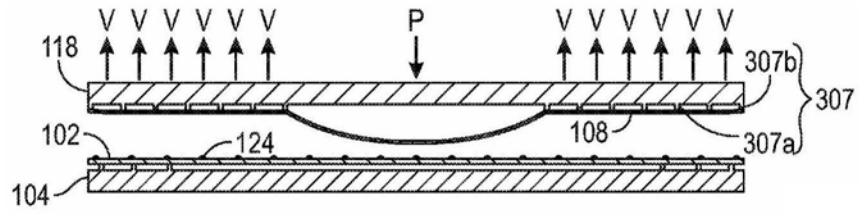


图4A

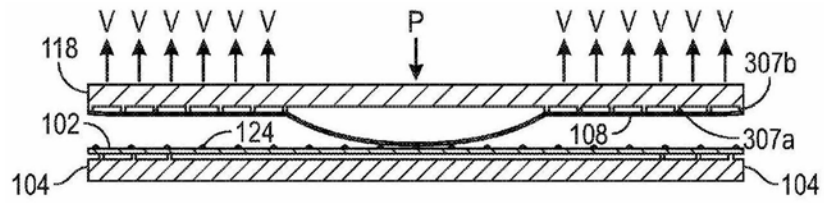


图4B

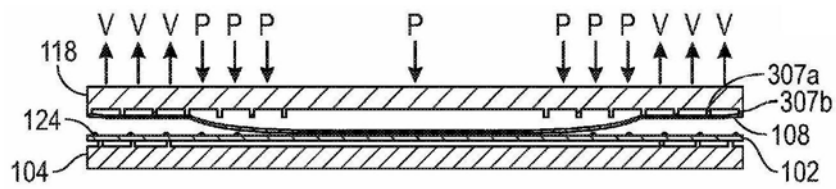


图4C

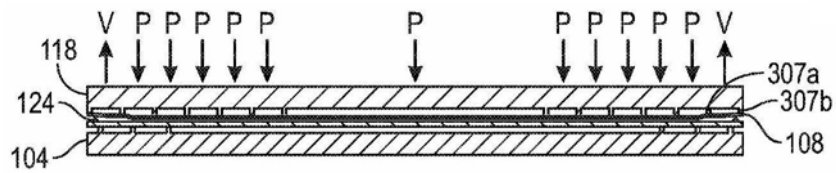


图4D

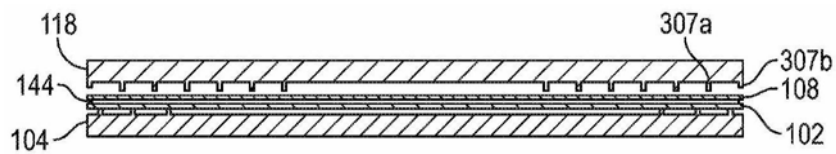


图4E

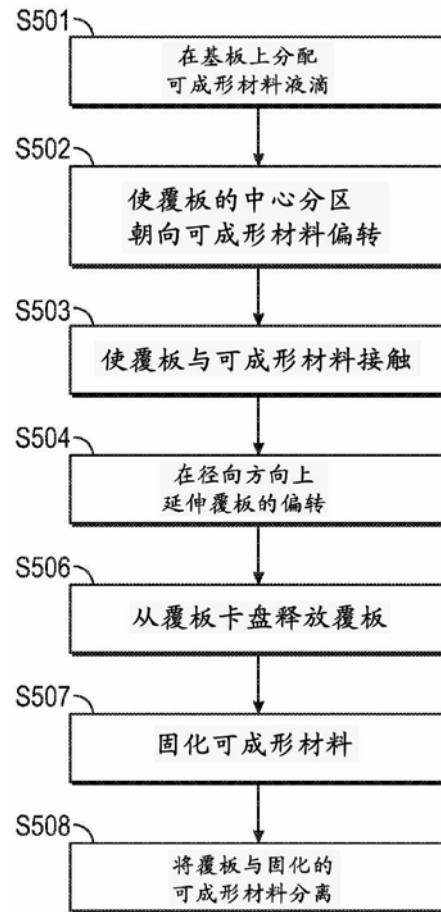


图5

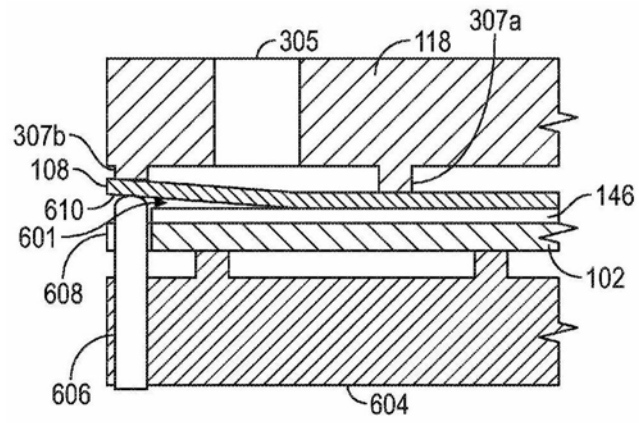


图 6A

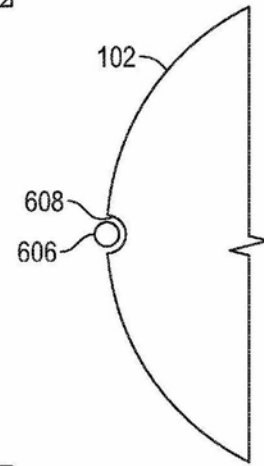


图 6B

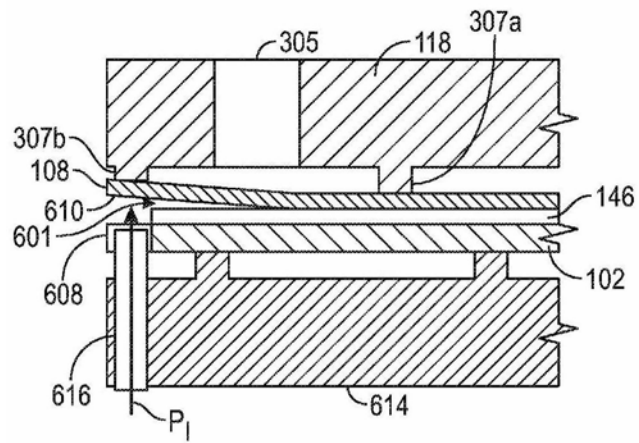


图 6C

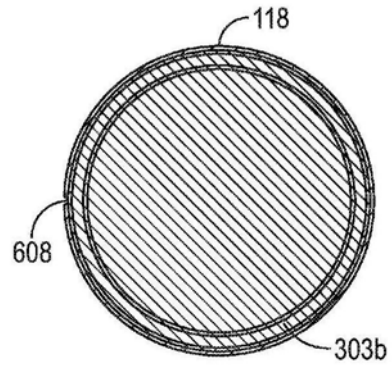


图7A

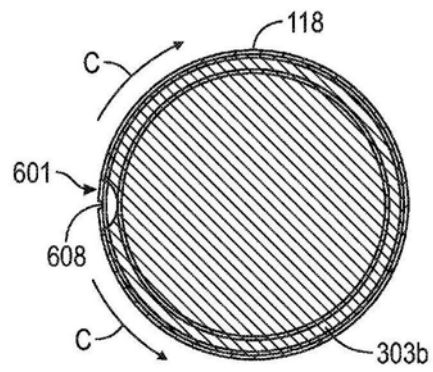


图7B

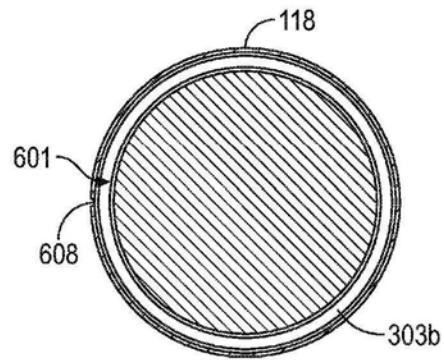


图7C

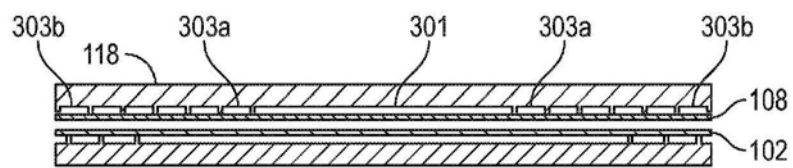


图8

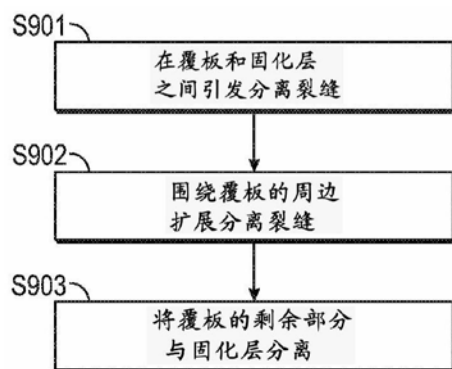


图9

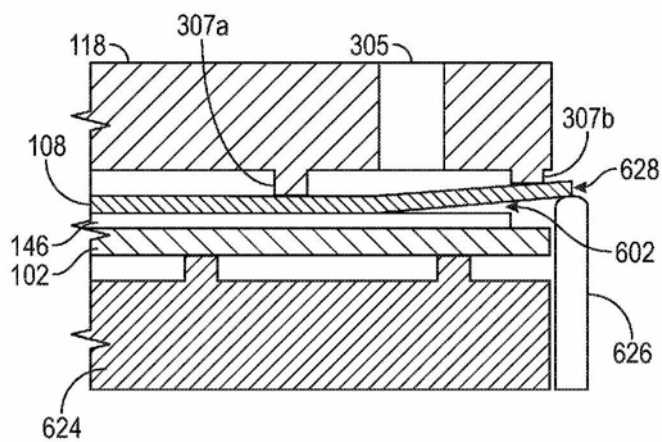


图10

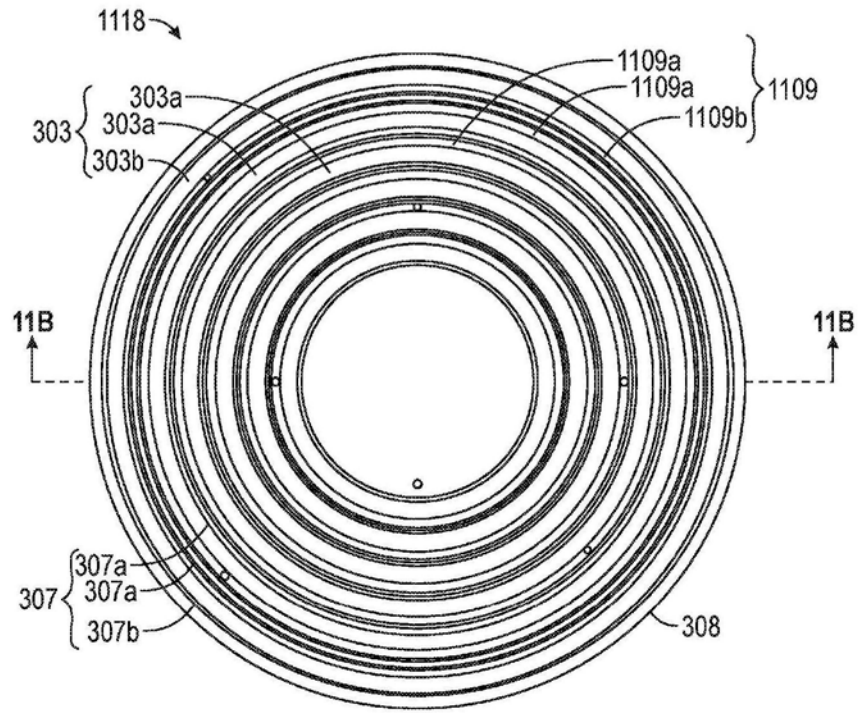


图11A

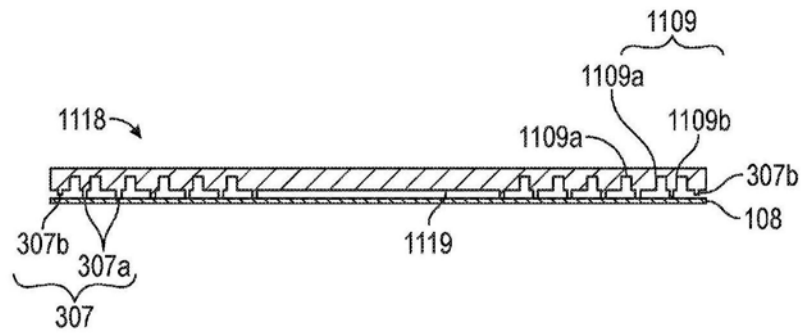


图11B

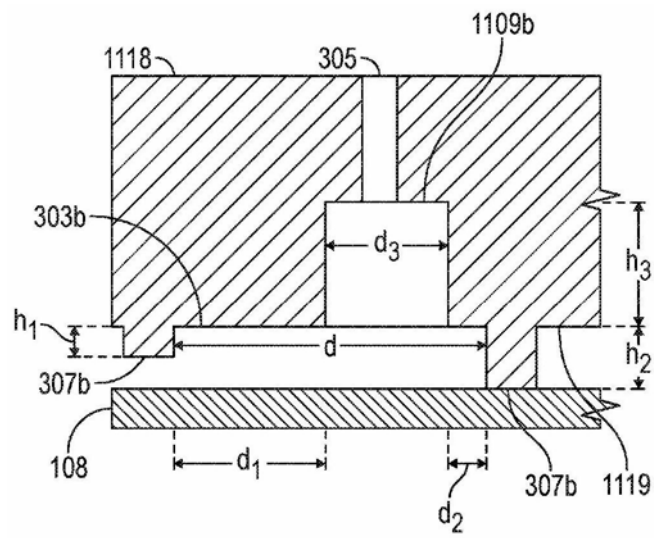


图12