



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102844151 A

(43) 申请公布日 2012. 12. 26

(21) 申请号 201180016139. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 03. 18

B24B 7/17(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/317, 919 2010. 03. 26 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 09. 26

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2011/051152 2011. 03. 18

(87) PCT申请的公布数据

W02011/117792 EN 2011. 09. 29

(71) 申请人 MEMC 电子材料有限公司

地址 美国密苏里州

(72) 发明人 S · S · 巴加瓦特 R · R · 旺达姆

T · 科穆拉

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 马江立 吴鹏

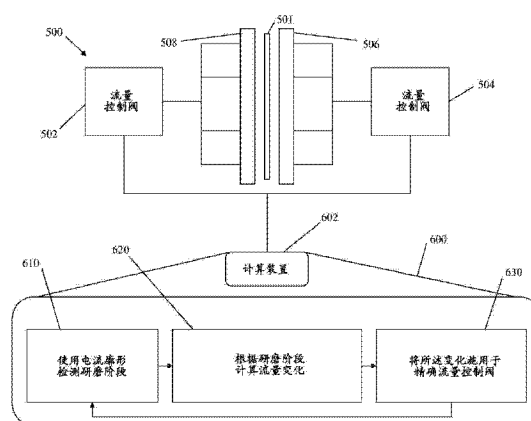
权利要求书 2 页 说明书 19 页 附图 33 页

(54) 发明名称

同时双面晶片研磨机中的流体静力垫压力调控

(57) 摘要

公开了用于调控具有一对研磨轮的双面晶片研磨机中的流体静压力的系统和方法。所述系统和方法使用处理器来测量由所述研磨轮所引取的电流的量。使用模式检测软件基于所测得的电流来预测研磨阶段。在各个阶段通过流量控制阀改变所述流体静压力,以改变施加至晶片的夹持压力并由此改善被加工处理的晶片中的纳米拓扑结构。



1. 一种使用以下类型的双面研磨机对半导体晶片进行加工处理的方法,所述研磨机将晶片保持在一对研磨轮之间以及在其中具有流体静压力的一对流体静力垫之间,所述研磨机包括处理器,该处理器包括检测由所述研磨机所引取的电流的模式检测软件,所述方法包括多个阶段,所述多个阶段包括:

夹持晶片,
研磨晶片,和
使晶片与研磨轮脱离接触,

使用所述软件来检测各个阶段并在各个阶段改变所述流体静压力以改变施加至晶片的夹持压力,由此改善被加工处理的晶片中的纳米拓扑结构。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,通过改变经过流量控制阀的流量来改变所述流体静压力。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述模式检测软件测量由所述研磨机所引取的电流以检测各个阶段。

4. 根据权利要求1所述的方法,还包括在研磨阶段期间降低所述流体静压力。

5. 根据权利要求1所述的方法,还包括在研磨阶段期间升高所述流体静压力。

6. 一种使用以下类型的双面研磨机对半导体晶片进行加工处理的方法,所述研磨机在研磨操作期间将晶片保持在一对研磨轮之间以及一对流体静力垫之间,所述方法包括:

在研磨操作的第一阶段,在流体静力垫中建立第一流体静压力以初始地夹持晶片,

在研磨操作的第二阶段,使流体静压力降低至比晶片研磨期间的第一压力低的第二流体静压力,以及

在研磨操作的第三阶段,使流体静压力升高至第三流体静压力以夹持晶片,并由此改善被加工处理的晶片中的纳米拓扑结构。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述第三流体静压力基本上等于所述第一流体静压力。

8. 根据权利要求6所述的方法,其中,在晶片研磨期间晶片基本上由研磨轮夹持。

9. 根据权利要求6所述的方法,其中,使用流量控制阀来改变流体静压力。

10. 根据权利要求6所述的方法,其中,晶片被保持在基本上竖直的平面内。

11. 根据权利要求6所述的方法,还包括测量由所述双面研磨机的研磨轮所使用的电流的量。

12. 根据权利要求11所述的方法,还包括基于所测得的由所述双面研磨机的研磨轮所使用的电流的量来确定研磨操作的阶段。

13. 根据权利要求12所述的方法,还包括当所测得的电流从残存状态增大至初始状态时确定研磨操作的阶段为所述第一阶段。

14. 根据权利要求12所述的方法,还包括当所测得的电流处于其峰值水平时确定研磨操作的阶段为所述第二阶段。

15. 根据权利要求14所述的方法,还包括当所测得的电流从其峰值水平降低时确定研磨操作的阶段为所述第三阶段。

16. 一种双面研磨机,包括一对研磨轮、一处理器和一对流体静力垫,研磨轮和流体静力垫可操作以将大体平整的晶片保持在一个平面内,其中晶片的第一部分位于研磨轮之

间,晶片的第二部分位于流体静力垫之间,流体静力垫包括经其流过的水以维持流体静压力,所述研磨机还包括用于控制通过所述垫的水流量并由此控制流体静压力的流量控制阀,流量控制阀由处理器控制。

17. 根据权利要求 16 所述的研磨机,其中,处理器包括用于检测研磨过程的各个阶段的模式检测软件,处理器可操作以响应于由所述模式检测软件检测出的阶段而控制通过所述流量控制阀的水流量。

18. 根据权利要求 17 所述的研磨机,其中,处理器可操作以测量由研磨轮所使用的电流的量。

19. 根据权利要求 18 所述的研磨机,其中,所述模式检测软件基于所测得的由研磨轮所使用的电流的量来检测所述阶段。

20. 根据权利要求 19 所述的研磨机,其中,处理器控制所述流量控制阀,以在所述模式检测软件检测到所述研磨过程的研磨阶段时增大通过所述阀的水流量。

同时双面晶片研磨机中的流体静力垫压力调控

技术领域

[0001] 本发明一般地涉及半导体晶片的同时双面研磨,更具体地涉及用于改善晶片纳米拓扑结构(纳米形貌, nanotopology)的双面研磨机和方法。

背景技术

[0002] 半导体晶片通常用于制造印有电路的集成电路(IC)芯片。电路首先以微缩形式印在晶片的表面上,然后晶片被切割成电路芯片。然而该较小的电路要求晶片表面非常平整且平行,以确保能将电路适当地印在晶片的整个表面上。为了实现这一点,在将晶片从晶圆上切割下来之后,通常利用研磨过程来改善晶片的某些特性(例如,平整度和平行度)。

[0003] 同时双面研磨对晶片的两个侧面同时进行操作并产生具有高度平整表面的晶片。因此,这是一种可取的研磨工艺。可用来实现该工艺的双面研磨机包括由 Koyo Machine Industries Co., Ltd. 制造的那些研磨机。这些研磨机在研磨期间使用晶片夹持装置将半导体晶片保持住。所述夹持装置通常包括一对流体静力(静水压力/静液压, hydrostatic)垫和一对研磨轮。所述一对流体静力垫和一对研磨轮以彼此相对的关系定向,以将其间的晶片保持为竖直取向。所述流体静力垫有利地在各个垫和晶片表面之间形成流体屏障,以便在研磨期间保持住晶片而不使刚性的垫与晶片有物理接触。这就减少了可能由物理夹持导致的晶片损伤,并允许晶片以较小的摩擦相对于垫表面在切向上移动(转动)。尽管该研磨过程显著地提高了所研磨晶片表面的平整度和平行度,但它也会导致晶片表面的拓扑结构和纳米拓扑结构(NT)的恶化。

[0004] 纳米拓扑结构差导致在后面的抛光(CMP)过程中要去除不均匀的氧化物层。这会导致晶片用户如 IC 制造商的显著的产出(yield)损失。随着 IC 制造商迈向 22 纳米工艺技术,预计纳米拓扑结构的公差将变得更加严格。

[0005] 为了确定并解决拓扑结构恶化问题,设备及半导体材料制造商考虑晶片表面的纳米拓扑结构。纳米拓扑结构被定义为在约 0.2mm 至约 20mm 的空间波长内晶片表面的起伏偏差。该空间波长非常密切地对应于加工处理后的半导体晶片在纳米尺度上的表面特征。上述定义由 Semiconductor Equipment and Materials International(SEMI, 半导体行业的一个全球贸易协会)提出(SEMI 文件 3089)。纳米拓扑结构测量晶片的一个表面的高度偏差(elevational deviations),而不像传统的平整度测量那样考虑晶片的厚度变动。已经开发出几种测量方法来检测和记录这些种类的表面变动。例如,测量反射光相对于入射光的偏差可检测出非常小的表面变动。这些方法用来测量波长内的峰谷(PV)变动。

[0006] 双面研磨是控制最终完成的晶片的纳米拓扑结构(NT)的一种工艺。在研磨过程中会形成 NT 缺陷,例如 C 痕(C-Mark)(中心一般在 0 至 50mm 的半径内的 PV 值)和 B 环(中心一般在 100 至 150nm 的半径内的 PV 值),且 NT 缺陷可能导致显著的产出损失。这是两种由于 NT 而导致显著产出损失的缺陷。由于 NT 而导致损失的第三种缺陷是在线状锯切割时在晶片上产生的进入痕迹。如果研磨轮相对于晶片有利地定向,则双面研磨能潜在地减轻进入痕迹。在当前的实践中,在使用电容工具如 Kobelco SBW 330 研磨之后立即测量晶片

的翘曲和 TTV, 然后对晶片进行蚀刻并利用基于激光的工具如 Wafercom 进行测量。此后, 使晶片经历各种后续的加工处理, 例如边缘抛光、双面抛光和最终抛光, 以及在使用纳米测绘仪 (nanomapper) 检查 NT 之前对平整度和边缘缺陷进行的测量。

[0007] 目前控制 NT 的方法试图通过对研磨机进行调整来解决该问题, 但这些方案并未令人满意地解决 NT 恶化的诱因。NT 恶化的至少一个诱因被认为是由垫的流体静力廓形与进入 (incoming) 晶片之间的相互作用所决定的夹持状态。

[0008] 在晶片被装载到研磨机中之后, 晶片被由晶片相对两侧的垫所产生的流体静压力夹持住。晶片可基于进入晶片的形状与流体静力垫的流体静压力廓形之间的相互作用在初始夹持状态下弹性地变形。在研磨轮开始与晶片接触之后, 存在研磨轮试图夹紧晶片而不去除大量材料的一段时间。在该时间段, 晶片根据研磨轮的倾斜和移动与初始夹持状态之间的相互作用经历进一步的弹性变形。研磨轮开始研磨晶片, 并且一旦达到稳定状态就从晶片去除材料。随着材料在稳定状态下被去除, 晶片的 NT 被认为是研磨轮与晶片的稳定状态之间的几何相互作用的函数。

[0009] 在已去除设定量的材料之后, 研磨轮回退并且晶片的弹性变形逆转。弹性变形在研磨轮回退之后的逆转使 NT 进一步恶化。NT 恶化的两个促进因素——研磨轮与晶片的稳定状态之间的几何相互作用和弹性变形的逆转——的组合作用难以控制。过去的方法在控制由晶片的弹性变形导致的 NT 恶化方面所取得的效果不令人满意。

[0010] 在图 1 和 2 中示意地示出现有技术的双面研磨机的典型的晶片夹持装置 1'。研磨轮 9' 和流体静力垫 11' 彼此独立地保持晶片 W。它们分别限定夹持面 71' 和 73'。研磨轮 9' 对晶片 W 产生的夹持压力的中心在研磨轮的转动轴线 67' 处, 而流体静力垫 11' 对晶片产生的夹持压力的中心在晶片的中心 WC 附近。只要夹持面 71' 和 73' 在研磨期间保持一致 (图 1), 晶片就保持在一个平面内 (即, 不弯曲) 并由研磨轮 9' 均匀地研磨。有关夹持面对齐的一般讨论可参见美国专利 No. 6, 652, 358。然而, 如果两个面 71' 和 73' 变得不对齐了, 那么研磨轮 9' 和流体静力垫 11' 的夹持压力就会在晶片 W 中产生弯曲力矩, 或者说是流体静力夹持力矩, 该力矩会使晶片在研磨轮开口 39' 的周缘 41' 附近总体产生剧烈的弯曲 (图 2)。这在晶片 W 中产生应力高度集中的区域。

[0011] 夹持面 71' 和 73' 的不对齐在双面研磨操作中是很普遍的, 一般是由研磨轮 9' 相对于流体静力垫 11' 的运动引起的 (图 2)。图 2 和图 3 示意地示出不对齐的可能模式。这些包括三种不同模式的组合。在第一种模式中, 研磨轮 9' 沿着研磨轮的转动轴线 67' 相对于流体静力垫 11' 平移地产生横向移动 S (图 2)。第二种模式的特征在于, 研磨轮 9' 绕通过各研磨轮中心的水平轴线 X 产生竖直倾斜 VT (图 2 和 3)。图 2 示出第一种模式和第二种模式的组合。在第三种模式中, 研磨轮 9' 绕通过各研磨轮中心的竖直轴线 Y 产生水平倾斜 HT (图 3)。这些模式在图中被大大地夸大以展示出概念; 实际的不对齐相对较小。此外, 每个研磨轮 9' 都能够独立于另一个研磨轮运动, 使得左轮的水平倾斜 HT 可与右轮的水平倾斜不同, 对于两个研磨轮的竖直倾斜 VT 也是如此。

[0012] 由夹持面 71' 和 73' 的不对齐所引起的流体静力夹持力矩的大小与流体静力垫 11' 的设计有关。例如, 夹住晶片 W 较大面积的垫 11' (例如, 工作表面积较大的垫)、垫的夹持中心离开研磨轮转动轴线 67' 距离较远的垫、对晶片施加的流体静力垫夹持力大的垫 (即, 将晶片保持得很紧) 或具有这些特征的组合的垫一般会引起较大的力矩。

[0013] 在采用现有技术的垫 11' 的夹持装置 1' 中(图 4 中示出一个现有技术的垫的一个例子),当夹持面 71' 和 73' 不对齐时,晶片 W 中的弯曲力矩较大,因为垫 11' (包括研磨轮开口 39' 的周缘 41' 附近)将晶片夹得非常紧和牢固。晶片不能随研磨轮 9' 的运动而调整,且晶片在开口边缘 41' 附近剧烈弯曲(图 2)。晶片 W 不能被均匀地研磨,并且它们产生不希望出现的纳米拓扑结构特征,而这些特征不能通过后续的加工处理(例如,抛光)去掉。夹持面 71' 和 73' 的不对齐也会使研磨轮 9' 的磨损不均匀,这会进一步促使在研磨后的晶片 W 上产生不希望出现的纳米拓扑结构特征。

[0014] 图 5A 和 5B 示出在夹持面 71' 和 73' 不对齐并且在研磨操作期间晶片发生弯曲时会在研磨后的晶片 W 的表面上形成的不希望出现的纳米拓扑结构特征。这些特征包括中心痕迹(C 痕)77' 和 B 环 79' (图 5A)。中心痕迹(C 痕)77' 通常是由研磨轮 9' 的横向移动 S 和竖直倾斜 VT 的组合引起的,而 B 环 79' 通常是由研磨轮的横向移动 S 和水平倾斜 HT 的组合引起的。如图 5B 所示,这两种特征 77' 和 79' 都具有与其相关的较大的峰谷变动。因此,这些特征表明晶片的纳米拓扑结构较差,并且会显著地影响在晶片表面上印刷微缩电路的能力。

[0015] 本节旨在向读者介绍可能与本发明的各个方面相关的技术的各个方面,本发明的各个方面在下文中加以描述和 / 或主张权利。相信在此的讨论有助于为读者提供背景信息,以利于更好地理解本发明的各个方面。因此,应当理解,这些叙述要从这种意义上加以阅读,而不是作为对现有技术的认可。

发明内容

[0016] 一个方面是一种使用以下类型的双面研磨机对半导体晶片进行加工处理的方法,该研磨机将晶片保持在一对研磨轮之间以及在其中具有流体静压力的一对流体静力垫之间。该研磨机包括处理器,该处理器包括检测由研磨轮所引取(draw)的电流的模式检测软件。该方法包括多个阶段,这些阶段包括夹持晶片、研磨晶片和使晶片与研磨轮脱离接触。该方法还包括使用所述软件来检测各个阶段并在各个阶段改变流体静压力以改变施加至晶片的夹持压力,由此改善被加工处理的晶片中的纳米拓扑结构。

[0017] 另一个方面是一种使用以下类型的双面研磨机对半导体晶片进行加工处理的方法,该研磨机在研磨操作期间将晶片保持在一对研磨轮之间以及一对流体静力垫之间。该方法包括在研磨操作的第一阶段在流体静力垫中建立第一流体静压力以初始地夹持晶片。在研磨操作的第二阶段,使流体静压力降低至比晶片研磨期间的第一压力低的第二流体静压力。在研磨操作的第三阶段,使流体静压力升高至第三压力以夹持晶片,并由此改善被加工处理的晶片中的纳米拓扑结构。

[0018] 再另一个方面是一种包括一对研磨轮、一处理器和一对流体静力垫的双面研磨机。研磨轮和流体静力垫可操作以将大体平整的晶片保持在一个平面内,其中晶片的第一部分位于研磨轮之间,晶片的第二部分位于流体静力垫之间。流体静力垫包括经其流过的水以维持流体静压力。该研磨机还包括用于控制通过所述垫的水流量并由此控制流体静压力的流量控制阀。流量控制阀由处理器控制。

[0019] 关于上述各方面所述的特征存在各种细化。也可在上述各方面中加入其它特征。这些细化和附加特征可独立地或以任何组合存在。例如,可单独地或以任何组合将以下关

于任何所示实施例讨论的各种特征加入到任何上述各方面中。

附图说明

[0020] 图 1 是现有技术的晶片夹持装置的示意性侧视图,包括流体静力垫和研磨轮,半导体晶片位于流体静力垫之间和研磨轮之间,并且以剖面示出流体静力垫;

[0021] 图 2 是与图 1 相似的示意性侧视图,但研磨轮发生横向移动和竖直倾斜;

[0022] 图 3 是晶片夹持装置的示意性正视图,示出研磨轮的水平倾斜和竖直倾斜;

[0023] 图 4 是图 1 的现有技术的流体静力垫之一的晶片侧的示意图;

[0024] 图 5A 是使用图 1 的晶片夹持装置研磨并随后经抛光后的半导体晶片的纳米拓扑结构表面特征的图示;

[0025] 图 5B 是图 5A 的晶片的表面的径向廓形的图示;

[0026] 图 6 是装有本发明的晶片夹持装置的研磨机的示意性侧视图,其中以剖面示出流体静力垫;

[0027] 图 7 是研磨机的晶片夹持装置的放大的示意性侧视图,包括流体静力垫和研磨轮,半导体晶片位于流体静力垫之间和研磨轮之间;

[0028] 图 8 是本发明的左边的流体静力垫的透视图,示出在研磨操作时该垫的与晶片相对的面上的流体静力凹座构型;

[0029] 图 9A 是图 8 的左流体静力垫的晶片侧正视图,用虚线示出了研磨轮和晶片,以说明它们与垫的位置关系;

[0030] 图 9B 是图 9A 的流体静力垫的仰视图,晶片仍用虚线示出;

[0031] 图 10 是与图 9A 相似的晶片侧正视图,示出使垫的各流体静力凹座内的各流体注入口连接的通道;

[0032] 图 11 是图 9A 的流体静力垫的局部放大正视图,示出流体静力凹座相对于垫的研磨轮开口的位置;

[0033] 图 12 是右流体静力垫的与图 8 相似的透视图,该右流体静力垫在研磨操作时与左流体静力垫相对,使得晶片能保持在两垫之间;

[0034] 图 13A 是右流体静力垫的与图 9A 相似的正视图;

[0035] 图 13B 是右流体静力垫的仰视图;

[0036] 图 14 是与图 5A 相似的图示,但示出使用图 6 的晶片夹持装置研磨并随后经抛光后的半导体晶片;

[0037] 图 15A 是在研磨过程中当用根据本发明的流体静力垫保持晶片时施加在半导体晶片表面上的夹持应力的图示;

[0038] 图 15B 是与图 15A 相似的图示,示出作用在用现有技术的流体静力垫保持的晶片上的夹持应力;

[0039] 图 16 是示出在研磨期间当研磨轮发生横向移动时在研磨轮周边附近的半导体晶片中的应力曲线图,并对用根据本发明的流体静力垫保持的晶片与用现有技术的流体静力垫保持的晶片进行了比较;

[0040] 图 17 是与图 16 类似的曲线图,比较了由研磨轮的横向移动和竖直倾斜引起的晶片中的应力;

[0041] 图 18 是与图 16 类似的曲线图,比较了由研磨轮的横向移动与水平倾斜的组合引起的晶片中的应力;

[0042] 图 19 是与图 16 类似的曲线图,比较了由研磨轮的横向移动、竖直倾斜和水平倾斜的组合作用引起的晶片中的应力;

[0043] 图 20 是一曲线图,比较了在现有技术的晶片夹持装置中研磨的晶片和在本发明的晶片夹持装置中研磨的晶片的上 0.05 百分位数(upper 0.05percentile)的纳米拓扑结构值;

[0044] 图 21 是根据本发明的第二实施例的流体静力垫的示意图,示出研磨时该垫的与半导体晶片相对的面上的流体静力凹座构型;

[0045] 图 22 是本发明的纳米拓扑结构系统的部分为框图形式的示意性正视图;

[0046] 图 23 是纳米拓扑结构评估系统的示意性侧视图;

[0047] 图 24 是一曲线图,示出纳米拓扑结构评估系统中的多个传感器的输出;

[0048] 图 25A 是可从晶片的夹持条件信息中得出有限元分析的边界条件的那些位置的一个例子的示意图;

[0049] 图 25B 示出适于进行晶片的有限元结构分析的网格;

[0050] 图 26A 和 26B 是利用纳米拓扑结构评估系统获得的晶片的纳米拓扑结构廓形;

[0051] 图 27 是一曲线图,示出根据本发明一个实施例的晶片的预测廓形,并示出由纳米测绘仪获得的该晶片在抛光之后的平均径向廓形;以及

[0052] 图 28 是图 27 中的晶片的 B 环预测值和图 27 中的晶片的 B 环实际值之间的相关性的图示,相关系数为 $R=0.9$ 。

[0053] 图 29 是晶片研磨机的另一个实施例的示意图。

[0054] 图 30 是图 29 的研磨机的研磨轮所引取的电流的曲线图。

[0055] 图 31 是针对以前的研磨过程和图 29 中所示的过程示出晶片表面上的阈值高度区域测量值的标准化分布的曲线图。

[0056] 图 32 是针对以前的研磨过程和图 29 中所示的过程示出晶片表面上的标准化阈值高度区域测量值的箱线图。

[0057] 在各个图中,相应的附图标记表示相应的部分。

具体实施方式

[0058] 再来看附图,图 6 和 7 示意地示出根据本发明的晶片夹持装置,该夹持装置总体上用附图标记 1 来表示。所述夹持装置能够用于双面研磨机中,在图 6 中双面研磨机总体上用附图标记 3 来表示。可使用晶片夹持装置 1 的双面研磨机的例子包括由 Koyo Machine Industries Co.,Ltd. 制造的型号 DXSG320 和型号 DXSG300A。在研磨机 3 中,晶片夹持装置 1 将单个半导体晶片(广义地说是“工件”,在图中总体用 W 表示)保持为竖直姿态,使得晶片的两个表面可同时被均匀地研磨。这可在抛光和电路印刷步骤之前提高晶片表面的平整度和平行度。应当理解,研磨机可具有保持除半导体晶片以外的其它工件的夹持装置而不脱离本发明的范围。

[0059] 也如图 6 和 7 所示,晶片夹持装置 1 包括左、右研磨轮(总体上分别用附图标记 9a 和 9b 表示)和左、右流体静力垫(总体上分别用附图标记 11a 和 11b 表示)。标出左和右只

是为了描述方便,而非强制规定研磨轮 9a 和 9b 以及流体静力垫 11a 和 11b 的任何特定取向。字母“a”和“b”用于将左轮 9a 和左垫 11a 的各部分与右轮 9b 和右垫 11b 的各部分区分开。研磨轮 9a 和 9b 以及流体静力垫 11a 和 11b 采用本领域技术人员已知的方式安装在研磨机 3 中。

[0060] 在本领域中也已知,两个研磨轮 9a 和 9b 实质是相同的,并且每个研磨轮总体上是平整的。如图 6 和 7 所示,研磨轮 9a 和 9b 大致定位成朝晶片 W 的下部中心与晶片研磨接合。每个研磨轮 9a 和 9b 的周边在晶片 W 的底部延伸到晶片 W 的周边下方,并在晶片的中心延伸到晶片的中心轴线 WC 上方。这确保了每个晶片 W 的整个表面区域在操作期间都得到研磨。此外,至少一个研磨轮 9a 或 9b 可相对于其配对的研磨轮运动。这样便于在研磨机 3 的夹持装置 1 中的研磨轮 9a 和 9b 之间将半导体晶片 W 装载就位。另外,在所示的夹持装置 1 中,左流体静力垫 11a 可相对于相应的左研磨轮 9a 运动,也可相对于保持固定的右流体静力垫 11b 运动,以进一步便于将半导体晶片 W 装入夹持装置 1 中。两个垫相对于相应的研磨轮可运动的晶片夹持装置、或者两个垫在装载晶片时固定的晶片夹持装置、或者一个流体静力垫和相应的研磨轮在装载晶片时一起运动的晶片夹持装置都不脱离本发明的范围。

[0061] 还看图 6 和 7 所示的晶片夹持装置 1,在研磨操作期间,晶片夹持装置的两个研磨轮 9a 和 9b 以及两个流体静力垫 11a 和 11b 以彼此相对的关系设置成将半导体晶片 W 夹在其间。研磨轮 9a 和 9b 以及流体静力垫 11a 和 11b 分别限定竖直夹持面 71 和 73,并在晶片 W 上产生有助于将晶片保持为其竖直姿态的夹持压力。下文将更详细地描述这一点。

[0062] 特别参照图 6,流体静力垫 11a 和 11b 在操作期间保持固定不动,而总体上用附图标记 14 表示的驱动环使晶片 W 相对于流体静力垫和研磨轮 9a 和 9b 转动。如在本领域中所已知的,驱动环 14 的掣子(或拨片)15 大致在晶片周边上所形成的凹口 N(图 6 中用虚线示出)与晶片 W 接合,以使晶片绕其中心轴线 WC(中心轴线 WC 大致对应于垫 11a 和 11b 的水平轴线 44a 和 44b(参见图 8 和图 12))转动。同时,研磨轮 9a 和 9b 与晶片 W 接合,并沿彼此相反的方向转动。研磨轮 9a 和 9b 中的一个与晶片 W 沿相同的方向转动,而另一个与晶片沿相反的方向转动。

[0063] 现在参照图 8-13B,更详细地示出本发明的流体静力垫 11a 和 11b。图 8-11 示出左流体静力垫 11a,图 12-13B 示出相对的右流体静力垫 11b。从图中可看到,两个垫 11a 和 11b 基本上是相同的,并大致为彼此的镜像。因此,将只描述左垫 11a,但应当理解,对右垫 11b 的描述是相同的。

[0064] 如图 8-9B 所示,左流体静力垫 11a 大体较薄,并为圆形,其大小与要加工的晶片 W 差不多。在图 9A 和 9B 中用虚线画出了晶片 W,以示出这种关系。所示出的流体静力垫 11a 的直径约为 36.5cm (14.4in),在操作期间与晶片 W 相面对的工作表面积约为 900cm^2 (139.5in^2)。因此,能够用它来研磨直径例如约为 300mm 的标准晶片。然而,应当理解,流体静力垫可具有不同的直径和表面积而不脱离本发明的范围。例如,流体静力垫的尺寸可缩小以用来研磨 200mm 的晶片。

[0065] 从图 8 和 9A 中能够最佳地看到,流体静力垫 11a 的体部 17a 包括在研磨操作期间直接与晶片 W 相对的晶片侧面 19a。在晶片侧面 19a 上形成的六个流体静力凹座 21a、23a、25a、27a、29a 和 31a 总体上呈放射状地各自定位在垫 11a 的研磨轮开口(总体用附图标记

39a 表示) 周围。垫体部 17a 的与晶片侧面 19a 相反的背面 35a 总体上是平的并且没有流体静力凹座,但也可包括凹座而不脱离本发明的范围。此外,具有多于或少于六个流体静力凹座(例如,四个凹座)的流体静力垫也不脱离本发明的范围。

[0066] 六个流体静力凹座 21a、23a、25a、27a、29a 和 31a 每个都是弧形的,并且绕垫 11a 沿大致圆周方向伸长。每个凹座 21a、23a、25a、27a、29a 和 31a 都在晶片侧面 19a 的凸起表面 32a 中凹入,并且各自包括较平的垂直侧壁 37a 和倒圆的周界转角。这些凹座通过向垫 11a 的面 19a 中切割或铸造浅腔而形成。用不同的工艺形成流体静力凹座也不脱离本发明的范围。

[0067] 仍然参见图 8 和 9A,可看到,每对凹座 21a 和 23a、25a 和 27a 以及 29a 和 31a 基本上具有同样的大小和形状。此外,在所示的垫 11a 中,凹座 21a 和 23a 的表面积各约为 14.38cm^2 (2.23in^2);凹座 25a 和 27a 的表面积各约为 27.22cm^2 (4.22in^2);凹座 29a 和 31a 的表面积各约为 36.18cm^2 (5.61in^2)。垫 11a 的总的凹座表面积约为 155.56cm^2 (24.11in^2),垫的总的凹座表面积与工作表面积之比约为 0.17。该比率可以是除 0.17 之外的其它值且仍在本发明的范围内。例如,该比率可以是约 0.26 或更小。相比之下,在现有技术的垫 11' (图 4) 中,凹座 21' 和 23' 的表面积各约为 31.82cm^2 (4.93in^2);凹座 25' 和 27' 的表面积各约为 36.47cm^2 (5.65in^2);凹座 29' 和 31' 的表面积各约为 47.89cm^2 (7.42in^2)。现有技术的垫 11' 的总的凹座表面积约为 232.36cm^2 (36.02in^2),总的凹座表面积与垫的工作表面积之比约为 0.26 (垫 11' 的工作表面积约为 900cm^2 (139.5in^2))。

[0068] 凹座 21a 和 23a、25a 和 27a、29a 和 31a 还分别对称地位于晶片侧面 19a 的相对的两半上(被垫 11a 的竖直轴线 43a 分开)。凹座 21a 和 23a 基本位于垫 11a 的水平轴线 44a 的下方,而凹座 25a、27a、29a 和 31a 基本位于轴线 44a 的上方。凹座 29a 和 31a 基本位于凹座 25a 和 27a 的上方且与研磨轮开口 39a 不相邻,而是由位于它们和开口 39a 之间的凹座 25a 和 27a 与开口 39a 隔开。在该凹座取向中,总的凹座表面积约 15% 位于水平轴线 44a 的下方。在本发明的范围内该百分比可等于或小于 23%。相比之下,在现有技术的垫 11' 中,总的凹座表面积的至少约 24% 位于垫的水平轴线 44' 的下方。应当理解,凹座面积在轴线 44' 下方的增加造成垫 11' 施加在晶片上的夹持力朝研磨轮开口 39' 的侧边增大,并且会促进 B 环的形成。

[0069] 图 8 和 9A 示出形成在流体静力垫 11a 的体部 17a 的下部中的圆形研磨轮开口 39a,开口 39a 的大小和形状设定成穿过垫接纳研磨轮 9a 并使研磨轮 9a 与晶片 W 的下部中心接合(在图 9A 中研磨轮和晶片用虚线表示)。当研磨轮 9a (和 9b) 接纳于开口 39a 中时,开口 39a 的中心与研磨轮 9a (和 9b) 的转动轴线 67 基本相对应。在所示的垫 11a 中,研磨轮开口 39a 的半径 R1 约为 87mm (3.43in),研磨轮 9a 的周缘与研磨轮开口的径向相对的边缘 41a 之间的距离较均匀,一般约为 5mm (0.20in)。在本发明的范围内这些距离也可不同。

[0070] 仍如图所示,垫 11a 的凸起表面 32a 包括绕各凹座 21a、23a、25a、27a、29a 和 31a 的周界延伸的共同伸至同一高度的(coextensive)台地 34a。在凹座 21a、23a、25a、27a、29a 和 31a 的各台地 34a 之间的凸起表面 32a 中形成有各用附图标记 36a 表示的排放通道。在研磨轮开口的周缘 41a 与凹座 21a、23a、25a 和 27a 的台地 34a 的内侧部分边缘 38a 之间有一凹入凸起表面中的大致为新月形的自由区 60a。在自由区 60a 作用在晶片 W 上的夹持力实际上为 0。这些特征将在下文中说明。

[0071] 现在参见图 10, 流体静力凹座 21a、23a、25a、27a、29a 和 31a 各包括将流体引入凹座中的流体注入入口 61a。垫的体部 17a 内的通道 63a (虚线所示) 与流体注入入口 61a 彼此连接并将流体从外部流体源 (未示出) 供应给凹座。工作时流体在较恒定的压力下被压入凹座 21a、23a、25a、27a、29a 和 31a 中, 使得研磨时流体而不是垫的面 19a 接触晶片 W。这样, 凹座 21a、23a、25a、27a、29a 和 31a 处的流体将晶片 W 竖直保持在垫夹持面 73 (见图 6 和 7) 内, 但仍形成允许晶片 W 在研磨时以很小的摩擦阻力相对于垫 11a (和 11b) 转动的润滑支承区或滑动屏障。垫 11a 的夹持力主要出现在凹座 21a、23a、25a、27a、29a 和 31a 处。

[0072] 图 11 参照垫 11a 的晶片侧面 19a 的左半部更详细地示出凹座 21a、25a 和 29a 的取向。径向距离 RD1、RD2 和 RD3 分别表示凹座 21a、25a 和 29a 距离研磨轮开口中心最近的垂直侧壁 37a (最近的垂直侧壁 37a 是指最接近研磨轮开口 39a 的边缘 41a 的垂直侧壁) 的周缘位置, 所述开口中心理论上对应于研磨轮的转动轴线 67。如图所示, 距离 RD1 绕凹座 21a 的最近的垂直侧壁 37a 是非恒定的, 使得凹座 21a 的底端比顶端离开口 39a 更远。具体地说, 距离 RD1 从凹座底端处的约 104mm (4.1in) 变化到顶端处的约 112mm (4.4in) (凹座 23a 的这些值相同)。分别到凹座 25a 和 29a 的最近的垂直侧壁 37a 的径向距离 RD2 和 RD3 较恒定, 其中, RD2 的值约为 113mm (4.4in), RD3 的值约为 165mm (6.5in) (凹座 27a 和 31a 的这些值分别相同)。在本发明的范围内, 也可以是径向距离 RD1 保持恒定, 而 RD2 和 RD3 不恒定。

[0073] 图 11 还示出沿径向测量的从研磨轮转动轴线 67 到凹座 21a 和 25a 的台地 34a 的径向最里边缘 38a 的径向距离 RD11。边缘 38a 限定零压力区 (自由区) 60a 的外边缘或边界。可以看出, 到边缘 38a 的径向距离 RD11 非恒定, 并且在所示的垫 11a 中, 该径向距离从竖直轴线 43a 附近的约 108mm (4.25in) 变化到凹座 21a 底端附近即边缘 38a 与研磨轮开口的边缘 41a 交汇处的约 87mm (3.43in)。当从研磨轮 9a (当接纳在开口 39a 中时) 的周缘到边缘 38a 的径向相对最里部进行这些相同的测量时, 测量值从竖直轴线 43a 附近的约 26mm (1.02in) 变化到凹座 21a 的底端附近的约 5mm (0.20in), 并且与研磨轮开口 39a 的半径 R1 之比从约 0.30 变化到约 0.057。相比之下, 现有技术的流体静力垫 11' (图 4) 中的相应距离是恒定的, 因为凸起表面 32' 的最里周缘 38' 与研磨轮开口的边缘 41' 重合 (即现有技术的垫 11' 中无零压力区 (自由区))。在该垫 11' 中, 径向距离 RD11' 约为 87mm (3.43in), 从研磨轮 9' 的周缘到边缘 38' 进行相同的测量时, 测量值约为 5mm (0.20in)。

[0074] 本发明的流体静力垫 11a 和 11b 较之现有技术的流体静力垫 11' 至少具有下列有利特征。总的流体静力凹座表面积减小。这有效地减小了垫作用在晶片 W 上的总夹持力, 因为工作时流体静力凹座 21a、23a、25a、27a、29a、31a、21b、23b、25b、27b、29b 和 31b 中接纳的流体量减小。此外, 水平轴线 44a 下方的凹座表面积减小。这特别减小了研磨轮开口 39a 和 39b 的左右两边上的夹持力。此外, 内部凹座 21a、23a、25a、27a、21b、23b、25b 和 27b 移离研磨轮开口的边缘 41a 和 41b 而在其间形成零压力的自由区 60a 和 60b。这特别减小了绕研磨轮开口 39a 和 39b 的边缘 41a 和 41b 的夹持力。

[0075] 研磨操作期间流体静力垫 11a 和 11b 保持晶片 W 的刚性减小, 从而晶片更容易跟随研磨轮 9a 和 9b 的移动和 / 或倾斜运动。这减小了研磨轮 9a 和 9b 运动时形成的流体静力夹持力矩的大小 (即在晶片弯曲区中形成较小的应力)。此外, 晶片 W 在研磨轮开口的边缘 41a 附近不被紧紧保持。研磨轮运动时晶片 W 在研磨轮开口的边缘 41a 附近仍会发生弯

曲,但弯曲得不如在现有技术的研磨装置中那样厉害。因此,流体静力垫 11a 和 11b 使得对晶片 W 表面的研磨更均匀,被研磨晶片的纳米拓扑结构恶化如 B 环和中心痕迹(C 痕)的形成得以减少或消除。比较图 5A 与 14 可以看出这一点。图 5A 示出用现有技术的流体静力垫 11' 研磨的晶片 W,而图 14 示出用本发明的垫 11a 和 11b 研磨的晶片 W。图 14 所示的晶片基本没有 B 环和中心痕迹(C 痕)。

[0076] 图 15A-19 示出用本发明的垫 11a 和 11b 以及现有技术的垫 11' 保持的晶片 W 中的应力。图 15A 和 15B 直观地示出研磨轮和流体静力垫的夹持面对齐时的这些应力。在两晶片 W 中,研磨轮开口 39 和 39' 内的应力可忽略不计(垫在这些区域中不夹持晶片)。图 15A 示出在用垫 11a 和 11b 保持的晶片 W 中形成的较小的应力。该图特别示出晶片 W 在研磨轮开口边缘 41a 和 41b 附近的整个表面上的较小的应力(用 98 和 99 表示的浅色区)。该图还示出在晶片上的分布更均匀的应力。相比之下,如图 15B 所示,用垫 11' 保持的晶片 W 内的最大应力 97 出现在开口 39' 的周缘附近(即无零压力区(自由区))。

[0077] 比较图 15A 与 15B 还可看出,研磨时大应力的集中区 97 在使用垫 11a 和 11b 时不如使用垫 11' (图 15B) 时那样普遍。其好处是晶片 W 在弯曲区(如在研磨轮开口的边缘 41a 附近)中的局部变形更小,且研磨轮 9a 和 9b 的磨损更均匀。研磨轮磨损均匀可确保研磨时研磨轮的形状不改变(即研磨轮磨损无差别)。这还确保研磨机可在较长时期内保持较低的纳米拓扑结构设置。另外,如研磨轮确实发生移动或倾斜,则由运动引起的应力有效地分布在整個晶片 W 上而减少中心痕迹(C 痕)和 B 环的明显形成。这如人所愿地减小了研磨纳米拓扑结构对于研磨轮移动和倾斜的敏感性。

[0078] 图 16-19 用曲线图示出在使用流体静力垫 11a 和 11b 进行研磨操作期间当研磨轮 9a 和 9b 移动和 / 或倾斜时晶片 W 中的较小应力。所示应力为那些在研磨轮开口的边缘 41a 和 41b 附近出现在晶片 W 中、在从约 7 点钟位置(0mm 的弧长)开始并绕周缘顺时针移动(到约 400mm 的弧长)的边缘 41a 和 41b 附近位置所测得的应力。用现有技术的流体静力垫 11' 保持的晶片 W 中的应力总体上用标号 91 表示,用垫 11a 和 11b 保持的晶片中的应力总体上用标号 93 表示。

[0079] 图 16 示出研磨轮移动时的应力 91 和 93。可以看出,应力 93 明显小于应力 91,并且在研磨轮开口 39a 和 39b 的整个周边上、包括在晶片 W 的中心 WC 处(对应于约 200mm 的弧长处)比应力 91 更接近于恒定。因此,在本发明中,当研磨轮 9a 和 9b 移动时,晶片 W 在其中心附近的弯曲不如在现有技术的装置中研磨的晶片那样厉害。

[0080] 图 17 示出研磨轮移动和竖直倾斜时晶片 W 中的应力 91 和 93。同样,与垫 11a 和 11b 有关的应力 93 沿研磨轮开口边缘 39a 和 39b 的整个周边基本保持不变。此外,用垫 11a 和 11b 保持的晶片 W 中在对应于晶片中心 WC 的位置的应力 93 的增加要小得多。因此,当研磨轮 9a 和 9b 移动和竖直倾斜时,晶片 W 在研磨轮开口 39a 和 39b 的周边附近的弯曲不那么厉害,并且中心痕迹(C 痕)的形成减少。

[0081] 图 18 示出研磨轮移动和水平倾斜时晶片 W 中的应力 91 和 93。可以看出,晶片 W 左边的应力 93 增加得没应力 91 那样厉害。因此,当研磨轮 9a 和 9b 移动和水平倾斜时用垫 11a 和 11b 保持的晶片 W 在它们的周缘上的弯曲没那么厉害,且 B 环和 / 或 C 痕的形成减少。图 19 示出由研磨轮的移动、竖直倾斜和水平倾斜的组合效应引起的晶片 W 中的应力 91 和 93,其结果相似。

[0082] 图 20 示出用现有技术的流体静力垫 11' 以及本发明的流体静力垫 11a 和 11b 研磨的晶片的上 0.05 百分位数的纳米拓扑结构值。使用垫 11' 研磨的晶片的纳米拓扑结构值总体上用标号 72 表示,使用垫 11a 和 11b 研磨的晶片的纳米拓扑结构值总体上用标号 74 表示。使用本发明的垫 11a 和 11b 研磨的晶片的纳米拓扑结构值 74 始终小于现有技术的值 72。

[0083] 本发明的流体静力垫 11a 和 11b 可用于在单次操作设置中研磨一组晶片中的多个晶片 W。一组晶片可包括例如至少 400 个晶片。在本发明的范围内一组晶片可包括 400 个以上的晶片。单次操作设置一般被看作是在各次手动调节研磨轮 9a 和 9b 之间的连续操作。该组中的各个被研磨的晶片 W 的纳米拓扑结构得到改善(例如中心痕迹(C 痕)和 B 环的形成有所减小或消除)。特别地,各晶片的平均峰谷变动小于约 12nm。例如,晶片的平均峰谷变动可约为 8nm。平均峰谷变动指每个晶片 W 在平均径向扫描上的变化。沿晶片 W 的圆周在晶片的多个半径上确定峰谷变动,并取这些值的平均值作为平均变动。

[0084] 图 21 示意性地示出根据本发明的第二实施例的左流体静力垫。该垫总体上用标号 111a 表示,并且该垫的与第一实施例的垫 11a 的部分对应的部分用相同的标号加上“100”表示。该流体静力垫 111a 与上述流体静力垫 11a 大致相同,但所具有的流体静力凹座 121a、123a、125a、127a、129a 和 131a 的形状和取向与垫 11a 中的对应凹座 21a、23a、25a、27a、29a 和 31a 不同。与垫 11a 类似,凹座 121a、123a、125a、127a、129a 和 131a 绕垫 111a 的研磨轮开口 139a 呈放射状地定位,其中凹座 121a 和 123a、凹座 125a 和 127a 以及凹座 129a 和 131a 类似并对称地位于晶片侧面 119a 的相对的两半上。此外,凹座 121a 和 123a 绕垫 111a 沿圆周方向伸长。但在该垫 111a 中,凹座 125a、127a、129a 和 131a 远离研磨轮开口 139a 沿径向伸长。这些垫 111a 和 111b 在所有其它方面与垫 11a 和 11b 相同。

[0085] 此外可以想到,通过控制作用在流体静力垫的凹座上的水的压力可影响流体静力垫的夹持中心。这可降低夹持中心,将它移近晶片夹持装置的研磨轮的转动轴线。更具体地说,在研磨过程中各凹座(或凹座的某些子集)中的流体压力可以改变和/或独立于其它凹座进行控制。改变若干凹座中压力的一种方法是使通向这些凹座中的孔的大小不同。此外,在凹座中通过使各凹座的深度不同也可改变与各凹座相关联的区域的硬度。较深的凹座在其区域中对晶片 W 的保持比较浅的凹座更柔顺,较浅的凹座在其区域中对晶片的保持较刚硬。

[0086] 本文中所示和所述的流体静力垫 11a、11b、111a 和 111b 被描述为用于直径约为 300mm 的晶片 W。如前所述,在本发明的范围内也可用尺寸减小的流体静力垫来研磨 200mm 的晶片。这也适用于本文中所述的各种流体静力垫尺寸。

[0087] 本发明的流体静力垫 11a 和 11b 由适当的刚性材料例如金属制成,该流体静力垫能够在研磨操作期间支承晶片 W 并经受反复的研磨使用。在本发明的范围内流体静力垫也可用其它类似的刚性材料制成。

[0088] 根据本发明的另一个方面,用于评估纳米拓扑结构的系统在晶片位于双面研磨机中时开始提供对晶片纳米拓扑结构的反馈。所述纳米拓扑结构评估系统包括至少一个传感器,该传感器构造成在工件被保持在双面研磨机中时收集与工件的位置和/或变形有关的信息。所述传感器能够进行一个或多个测量,这些测量用来限定用在晶片的有限元结构分析中的一个或多个边界条件。应当理解,该系统可只具有单个传感器以进行单个测量,用来

确定单个边界条件,这并不脱离本发明的范围(只要有足够的边界条件来进行有限元分析即可,包括可不使用传感器而限定或假定的任何边界条件)。然而,在一些实施例中,所述一个或多个传感器进行多个测量,用来限定多个边界条件,这是由于意识到常常希望(或者需要)限定额外的边界条件用于晶片的有限元结构分析。

[0089] 例如,在图 22 和 23 中示意性地示出本发明的纳米拓扑结构评估系统的一个实施例,该系统总体上用 301 表示。尽管这个实施例的描述结合了具有特殊流体静力垫构型的双面研磨机(如在下面所讨论的图 25A 和 25B 中清晰可见),但应当明白,所述纳米拓扑结构评估系统也适于与其它双面研磨机(具有不同的工件夹持系统)一起使用而不脱离本发明的范围。另外,本发明不限于所述纳米拓扑结构系统自身,而是也包括配备了本发明的纳米拓扑结构评估系统的双面研磨机。

[0090] 一个或更多个传感器 303 (例如,多个传感器)被设置在流体静力垫 305 的内表面上。例如,在附图所示的具体实施例中,使多个(例如四个)传感器 303 沿每个流体静力垫 305 的内工作面定位(图 23)。可使用任何类型的传感器,只要其能够收集信息而用于为晶片的有限元结构分析限定边界条件即可。例如,在一个实施例中,传感器 303 包括动态气压传感器,该传感器通过测量从喷嘴喷出的压缩气流冲击在晶片(例如由 MARPOSS 制造的 E4N 型)上所遇到的阻力来测量流体静力垫与晶片 W 之间的距离。所述压缩空气被排到大气中。这种喷嘴可刚性连接在流体静力垫 305 上或以其它方式相对于流体静力垫固定。如本领技术人员所认识到的,从这种动态压力传感器 303 所得到的测量结果表示了流体静力垫 305 和晶片 W 表面之间的间距。因此,由动态气压传感器所得到的压力测量对应于传感器 303 和晶片 W 表面之间的距离。

[0091] 与各个流体静力垫 305 相关的纳米拓扑结构评估系统的传感器 303 在 xyz 正交坐标系(图 22 和 23)的 x 方向和 y 方向中的至少一个方向上与该流体静力垫所涉及的其它传感器隔开,其中所述 xyz 正交坐标系被限定成使得晶片 W 被保持在 xy 平面内。按这种方式将传感器 303 分隔开便于使用一个传感器来进行与晶片 W 表面上的一个位置相对应的测量,而使用另一个传感器进行与晶片表面上的另一个不同位置相对应的测量。

[0092] 此外,附图所示的实施例中的每个流体静力垫 305 都具有相同数目的传感器 303,并且一个垫上的传感器分布基本上是另一个垫上的传感器分布的镜像。因此,两个流体静力垫 305 上都具有在 xyz 坐标系的 x 方向和 y 方向中的至少一个方向上隔开的传感器 303。此外,当流体静力垫 305 定位为如图 23 所示那样彼此相对时(例如,当研磨机在使用中时),传感器 303 配成对,其中一个流体静力垫上的每个传感器与另一个流体静力垫上的某个传感器配对。传感器对中的传感器 303 大致在 xyz 坐标系中的 x 和 y 方向上彼此对齐,大体只在 z 方向上彼此是隔开的。传感器对中的各传感器 303 位于由流体静力垫 305 所保持的晶片 W 的相对两侧上,这样便于在同一位置对晶片的相对两侧同时进行测量。这样就允许同时确定在该位置晶片 W 两侧上的表面位置。

[0093] 传感器 303 的数量和排布可改变。一般地,本领技术人员会认识到,采用更多数量的传感器 303 会是有利的,因为这些传感器可用来获得更多的测量结果并限定更多的边界条件,从而减小在各边界条件之间的区域内对晶片变形进行的有限元分析的结果的不确定性。然而,对传感器 303 的数目也有实际的限制。例如,希望传感器 303 对流体静力垫 305 的夹持功能的影响最小,反之亦然。例如,在附图所示的纳米拓扑结构评估系统 301 中,传

传感器 303 设置在流体静力垫 305 的台地 311 上,而不是在流体静力凹座 313 中。(与台地 311 和流体静力凹座 313 对应的位置示于图 25A 中,该图是从晶片夹持条件所推出的边界条件图。)这样就在传感器 303 和由流体静力凹座 313 所夹持的晶片 W 的区域之间产生分离,由此能从夹持条件信息中推导出这种情况下的边界条件。传感器 303 和凹座 313 之间的分离也能减小流体静力凹座的局部影响对传感器测量造成的影响。

[0094] 如上所述,传感器 303 被定位成在晶片 W 的不同部分进行测量。例如,一些传感器 303 被定位成进行与晶片 W 的中心部分相关的测量,而其它传感器被定位成在容易形成 B 环和 / 或 C 痕缺陷的晶片部分进行测量。参见图 22 和 23 所示的具体传感器配置,传感器 303 被定位成在距晶片 W 中心的多个不同距离处进行测量。至少一个传感器(例如由 C 表示的传感器对中的多个传感器)在研磨期间被置于晶片 W 的中心附近,该传感器在该处可进行与晶片中心部分的变形相关的测量。至少另一个传感器(例如,由 R 和 L 表示的传感器对中的多个传感器)在研磨期间被置于晶片 W 的周边部分附近(即,相对而言远离晶片中心)。还有另一个传感器(例如,由 U 表示的传感器对中的多个传感器)相对于位于晶片周边附近的所述至少一个传感器和位于晶片中心附近的所述至少一个传感器来说被置于距离晶片 W 中心中等距离的位置上(例如,在容易形成 B 环和 / 或 C 痕缺陷的晶片部分的附近)。

[0095] 当晶片 W 在研磨机中转动时,在受到弯曲力矩作用时它会弯曲。于是,在晶片上的给定位置处晶片 W 的变形会随着晶片在研磨机中转动而改变。传感器 303 不仅被定位以在距晶片 W 中心的不同距离上进行测量,它们也可定位在从晶片中心延伸出来的不同径向线 323、325、327 上。例如,传感器对 R 和 L 的位置在距晶片中心约相同的距离上,但它们处于不同的径向线上。传感器对 R 中的传感器大致在一条径向线 323 上,而传感器对 L 中的传感器大致在另一条径向线 325 上,这两条径向线从晶片 W 中心沿不同方向延伸出来。此外,传感器对 C 和 U 中的传感器的位置大致在从晶片 W 中心沿又一个方向延伸的第三条径向线 327 上。在附图所示的实施例中,径向线 323、325、327 彼此基本上等间隔。这样,径向线 323、325、327 彼此形成约 120° 的夹角。然而,径向线彼此间的间隔以及设置了传感器的不同径向线的数目可变化而不脱离本发明的范围。

[0096] 此外,传感器 303 相对于研磨装置的各个部件来说处于不同的位置。例如,传感器对 L 中的传感器与传感器对 R 中的传感器处于研磨轮 9 的相对两侧。这很显然,因为含有传感器对 R 中的一个传感器和传感器对 L 中的一个传感器并垂直于坐标系的 xy 平面(上面所定义的)的虚拟平面 331 (图 22 所示)与研磨轮 9 相交。由于传感器对 R 和 L 中的传感器被定位为距离晶片 W 中心约相同的距离,因此由所述传感器对中的一对传感器进行了测量的晶片的一部分在通过晶片转动将晶片的这一部分转动到另一个传感器对之后由所述另一个传感器对进行测量。然而,由传感器对 R 中的传感器所进行的测量(结果)可能不同于由传感器对 L 中的传感器所进行的相应测量,因为晶片 W 在研磨机中转动时可能发生了弯曲。

[0097] 此外,至少一个传感器(例如传感器对 R 和 L 中的多个传感器)基本上定位于晶片的水平中心线 341 (图 22)的下方,而至少另一个传感器(例如传感器对 U 中的多个传感器)基本上定位于晶片的水平中心线的上方。另一个传感器(例如传感器对 C 中的多个传感器)可定位成相对更接近晶片 W 的水平中心线 341。例如,在附图所示的实施例中,传感器对 C 中的传感器位于晶片 W 的水平中心线 341 的稍稍靠上的地方。

[0098] 此外,至少一个传感器(例如,传感器对 R、C 和 L 中的多个传感器)位于接纳研磨轮 9 的流体静力垫 305 中的开口 345 之一附近,因此在操作期间就位于研磨轮的附近。类似地,至少一个传感器(例如,传感器对 R、C 和 L 中的多个传感器)的位置比任何一个流体静力凹座 313 都更靠近研磨轮 9。如上所述,在一些研磨机中,研磨机的不对齐会使晶片 W 在研磨轮 9 的夹持区和流体静力垫 305 的夹持区之间的过渡部中具有相对较高的应力,在该情形中,比任何一个流体静力凹座 313 都更靠近研磨轮和 / 或在操作期间邻近研磨轮的任何传感器 303 都可考虑用来在研磨机不对齐发生时对具有相对较高应力的晶片部分进行测量。在这个意义上,使用流体静力凹座 313 移离研磨轮 9 从而使夹持力的中心移离研磨轮的流体静力垫 305 (如上所述)会有一些其它的优点,因为流体静力凹座的这种配置使得能够留出更多空间使纳米拓扑结构评估系统 301 中的传感器 303 安置在流体静力凹座和研磨轮之间(例如,在夹持力基本上为零的自由区中)。

[0099] 至少另一个传感器(例如,传感器对 U 中的多个传感器)的位置更远离流体静力垫 305 中的开口 345,因此在操作期间就离研磨轮 9 更远。所述至少一个传感器(例如,传感器对 U 中的多个传感器)也比至少一些流体静力凹座 313 更远离研磨轮 9。此外,可考虑将所述至少一个传感器(例如,传感器对 U 中的多个传感器)定位成在那些研磨机中发生研磨机不对齐时对具有相对较低应力的晶片 W 的部分进行测量,其中,这些研磨机在发生研磨机不对齐时会使晶片在研磨轮的夹持区和流体静力垫的夹持区之间的过渡部中具有相对较高的应力。

[0100] 如上所述,传感器 303 能够检测关于传感器到晶片 W 表面的距离的信息。传感器 303 与处理器 351 相连(图 22)以传输信号,处理器可接收从传感器输出的传感器数据。处理器 351 可远离研磨装置,但这并不是必须的。尽管图 22 画出了连接处理器 351 与传感器的硬连线 353,但应当明白,处理器和传感器也可进行无线通信而不脱离本发明的范围。

[0101] 计算机工作站中的 CPU 可用作处理器 351。此外,对来自传感器 303 的数据和 / 或对从中获得的信息 355 的处理可在多个处理单元之间进行分配,在这种情形中,术语“处理器”包括了所有这样的处理单元。在本发明的一个实施例中,处理器 351 在研磨操作期间对从传感器 303 输出的传感器数据进行监测。可将传感器 303 的输出记录下来,用于信息收集目的和 / 或研究研磨机的操作。如果需要的话,可在研磨操作期间和 / 或之后用图形将传感器 303 的输出显示出来,如图 24 所示。

[0102] 在本发明的一个实施例中,处理器 351 能够使用来自传感器 303 的被监测的传感器数据来进行晶片 W 的有限元结构分析。如图 24 所示,在研磨操作期间,优选在主研磨阶段快结束的时候(例如,在研磨的完成阶段开始之前),处理器 351 在时刻 357 收集传感器数据。主研磨周期对应于图 24 所示的第二个步骤。图 24 所示的完整的研磨周期包括 5 个步骤:步骤 361= 快速横向进给(fast infeed);步骤 363= 主研磨周期;步骤 365= 慢速研磨周期;步骤 367= 无火花磨削(spark-out)周期;和步骤 369= 研磨轮回退周期。处理器 351 能够从传感器数据中确定一个或多个边界条件,并使用从传感器数据得到的所述一个或多个边界条件进行晶片 W 的有限元分析。从传感器数据得到的边界条件再加上从由流体静力垫产生的夹持条件信息得到的其它边界条件。研磨周期以及处理器 351 对有限元结构分析所用数据进行收集的时刻可变化而不脱离本发明的范围。

[0103] 图 25A 示出一组位置的一个例子,从夹持条件信息能够得到关于所述一组位置的

边界条件。在图 25A 中,在流体静力垫 305 的周围以及在流体静力凹座 313 的周围限定边界条件。图 25B 示出适合于进行晶片 W 的有限元结构分析的网格。注意,图 25A 和 25B 所示例子中所使用的流体静力垫 305 与上述流体静力垫 11a、11b 相比具有略微不同的流体静力凹座构型。然而,本领技术人员知晓如何确定边界条件并形成适合于任何研磨机中所使用的特定流体静力垫的网格。

[0104] 使用从传感器数据得到的边界条件连同从夹持条件得到的边界条件,以及晶片 W 的特性(例如,硅的材料特性),处理器 351 进行晶片的有限元分析以预测晶片的形状,包括晶片纳米拓扑结构的预测。在有限元分析中由处理器 351 所预测的晶片 W 的形状是晶片的粗廓形。由于研磨过程通常使纳米拓扑结构特征呈现径向对称性,因此晶片的粗廓形可用变形表示,而变形是到晶片中心的距离的函数。使用传感器数据通过有限元分析所预测的晶片粗廓形的一个例子示于图 26A 中。

[0105] 在一个实施例中,使用有限元分析对变形晶片形状的计算如下。为了进行该分析,确定采用壳元(shell elements)的网格。图 25A 示出一个网格的细节。应当记住,根据晶片夹持角、研磨轮的倾斜和移动情况,晶片变形可能在 R 或 L “B 环”传感器处更大。越大的变形与 NT 恶化的关联就趋向于越强。因此,为了获得这个效应,将两个读数 R 和 L 中较高的读数应用到这两个位置处。利用基底刚度边界条件来模拟流体静力垫对晶片的夹持。对后抛光 NT 进行计算,通常用时少于 10 秒。考虑晶片沿着研磨轮周边(图 25B 中的弧 ABC)的位移。对于从晶片中心延伸出来的每个半径 r,沿着所述弧有两个点。基于有限元分析的结果可确定在这两个点处的位移,并将其平均以产生该半径处的平均位移。所述平均位移可画成粗廓形曲线(图 26A)。然后,使粗廓形曲线的读数通过空间滤波器,以产生经过滤的廓形曲线(图 26B)。

[0106] 本领技术人员会意识到,在研磨之后通常会有其它的晶片处理步骤。例如,在研磨之后通常对晶片进行抛光。此外,不是由研磨之后而是由下游处理步骤(这些步骤通常改变晶片的纳米拓扑结构)完成之后的纳米拓扑结构来确定纳米拓扑结构产出(nanotopology yield)。这样,在本发明的一个实施例中,处理器 351 可利用有限元分析中得到的晶片粗廓形来预测在一个或多个下游处理步骤之后晶片的纳米拓扑结构很可能是怎样的。

[0107] 例如,可将空间滤波器应用于晶片粗廓形来预测一个或多个下游处理步骤(例如,抛光)之后的晶片廓形。本领技术人员会很熟悉各种可用于执行这种空间滤波的晶片缺陷/产出管理软件工具。一些例子包括:SiGlaz (Santa Clara, CA) 的智能缺陷分析(Intelligent Defect Analysis)软件;Zenpire (Palo Alto, CA) 的 iFAB 软件;Galaxy Semiconductor Inc.-USA (Waltham, MA) 的 Examiner 软件;和 Knights Technology (Sunnyvale, CA) 的 Yieldmanager 软件。经滤波的晶片廓形表示在进一步处理之后纳米拓扑结构很可能是怎样的。图 26B 示出经滤波的晶片廓形的一个例子。对于一定数量的晶片,将有限元分析所得到的晶片粗廓形与下游处理之后(例如抛光之后)的实际的纳米拓扑结构测量结果(例如使用纳米测绘仪®)进行比较,可对有限元分析中所使用的参数(例如,与流体静力夹持相关的边界条件)进行精细调整,以获得更好的关联。

[0108] 此外,处理器 351 可从传感器接收传感器数据并由这些传感器数据评估工件的纳米拓扑结构。在一个实施例中,处理器能可选地提供信息 355 (例如,工件的预测 NT),以便根据纳米拓扑结构的负面评估(例如,当一个或多个晶片廓形不符合规格或其它预定标准

时由处理器所确定的负面评估)采取补救措施。其最简单的形式是,涉及补救措施的信息 355 可包括向一个或多个操作人员(例如工艺工程师)输出信号,表明需要进行调整和 / 或研磨过程需要小心。响应于来自处理器 351 的信号,操作人员可调整研磨机的对齐(例如,与研磨轮的水平倾斜对应的角度、与研磨轮的竖直倾斜对应的角度和研磨轮之间的移动中的至少一者)和 / 或调整供给到流体静力垫的凹座中的流体压力,以改善研磨机性能。作为替换或附加,操作人员也可通过调节研磨机的初始设置(例如,设置的经验法则)来调整对齐。处理器 351 也可提供其它信息 355 来实现一些补救措施,包括调节研磨工艺变量。例如,处理器 351 可提供信息 355,用来表明根据传感器数据需要对至少一个研磨轮和 / 或流体静力垫的位置或应用进行调整,和 / 或需要通过调整供给到凹座 313 中的流体的压力来调整作用在晶片上的夹持力的中心。同样,处理器 351 可对操作人员的输入进行响应,以控制一组执行器(未示出),这些执行器用来调整至少一个研磨轮 9 和流体静力垫 305 的位置以便使研磨机重新对齐。

[0109] 在根据本发明的半导体晶片的加工处理方法的一个实施例中,将半导体晶片 W 装入具有上述纳米拓扑结构评估系统 301 的双面研磨机中。除了这里所提到的之外,晶片 W 的实际研磨以常规方式进行。在研磨过程中,所述一个或多个传感器 303 收集数据,这些数据表明晶片 W 的变形并且可用来得出晶片的有限元结构分析所使用的一个或多个边界条件。例如,上述纳米拓扑结构评估系统 301 的传感器 303 收集晶片 W 的表面和传感器之间的多个距离测量结果。此外,纳米拓扑结构评估系统 301 的传感器 303 从晶片的不同部分以及在相对于研磨机部件的各个不同位置处同时收集数据,如上所述。

[0110] 在一个实施例中,传感器在与 B 环缺陷相关的工件部分中测量工件的两个表面在距离方面的偏差,处理器 351 可从这些传感器接收这种距离数据并由所接收到的传感器数据评估工件纳米拓扑结构中的 B 环缺陷。在另一个实施例中,传感器在与 C 痕缺陷相关的工件部分中测量工件的两个表面在距离方面的偏差,处理器 351 能够从这些传感器接收这种距离数据并由所接收到的传感器数据评估工件纳米拓扑结构中的 C 痕缺陷。

[0111] 传感器 303 将传感器数据传送给处理器 351,处理器 351 接收并处理这些传感器数据。能可选地记录和 / 或用图显示出传感器 303 的输出,如图 24 所示(在研磨期间和 / 或在研磨之后)。传感器数据用来评估晶片 W 的纳米拓扑结构。在所述方法的一个实施例中,处理器 351 从研磨过程中的某个时刻记录传感器数据,以评估晶片 W 的纳米拓扑结构。例如,图 24 示出每个传感器的时变输出,这些输出与双面研磨处理周期的步骤 361、363、365、367、369 画在一起。处理器 351 在所述处理周期中的某一点处(例如,图 24 中箭头 357 所表示的时刻)记录传感器 303 的输出,以便从每个传感器获得一组同时存在的数据。处理器 351 使用这一组数据来得出用于进行晶片 W 的有限元结构分析的边界条件。

[0112] 处理器 351 使用从传感器获得的边界条件和任何其它边界条件(例如,从夹持条件信息中所获得的边界条件(图 25A))来进行晶片的有限元分析。有限元分析用来产生晶片纳米拓扑结构的粗廓形(图 26B)。可选地,将上述空间滤波器应用于该晶片粗廓形以预测在下游处理步骤之后(例如,在抛光之后)晶片 W 的可能的纳米拓扑结构。

[0113] 处理器 351 查看晶片粗廓形和 / 或经滤波的晶片廓形以相对于纳米拓扑结构需求评估研磨机的性能。该评估可考虑一批晶片中的其它晶片的晶片粗廓形和 / 或经滤波的晶片廓形来判断研磨机的纳米拓扑结构性能是否满足预定标准。如果处理器 351 判定研磨机

不满足纳米拓扑结构标准,那么处理器就启动补救措施。在一个实施例中,补救措施包括用信号通知一个或多个操作人员需要注意研磨机。然后,操作人员调整研磨机的对齐和/或调整夹持中心,如上所述。在另一个实施例中,处理器 351 根据纳米拓扑结构的负面评估和操作人员的输入来实施补救措施。例如,处理器 351 可调整作用在晶片 W 的一个或多个部分上的流体静压力的大小以调整夹持中心,和/或根据操作人员的输入在控制器的控制下使用一个或多个执行器调整研磨机的对齐。

[0114] 在另一个实施例中,补救措施包括调整后面工件的研磨。例如,研磨机可先研磨第一个工件,然后在研磨了第一个工件之后研磨第二个工件。处理器 351 可从传感器接收数据并由这些传感器数据评估第一个工件的纳米拓扑结构。之后,处理器 351 可提供信息 355,该信息表明根据传感器数据对至少一个研磨轮和/或流体静力垫的位置进行调整以供在研磨后面的工件(如第二个工件)时使用。在工件为一盒若干个晶片的情况下,可对该盒中的每个晶片进行有限元分析,不需要等到整盒晶片都被研磨过之后。如果设置不当并且如果在一个或多个晶片中检测出 NT 缺陷,那么很可能盒中的其它晶片会有类似或相同的缺陷,没有某种形式的干涉的话会导致较大的产出损失。根据本发明的一个实施例,操作人员不必等着从盒中的所有晶片获得反馈,避免了大量的产出损失。因此,提供了在研磨期间对后抛光 NT 缺陷的可靠预测。这种预测帮助操作人员为后面的晶片和成盒的晶片优化研磨机设置,使得在后面的晶片抛光之后纳米拓扑结构缺陷是最少的。

[0115] 图 27 的曲线图示出根据本发明一个实施例的对于一特定晶片的预测廓形,并且示出由纳米测绘仪所确定的该同一晶片在抛光之后的平均径向位移廓形(average radial displacement profile)。实线示出根据本发明一个实施例的基于有限元分析得到的晶片的预测廓形的一个例子。虚线示出基于来自对晶片进行分析的纳米测绘仪的数据而得到的廓形。图 28 示出数个晶片的画在横轴上的 B 环预测值和画在纵轴上的 B 环实际值之间的关联,相关系数为 $R=0.9$ 。

[0116] 本发明的方法提供了对研磨机的纳米拓扑结构性能的快速反馈。例如,在晶片研磨周期完成之前就可开始进行晶片纳米拓扑结构的评估。此外,在抛光之前就可获得纳米拓扑结构反馈。相比之下,许多常规的纳米拓扑结构反馈系统采用激光检查来测量晶片的纳米拓扑结构。这些系统通常不能兼容地用于缺乏反射面的未抛光晶片。本领技术人员根据本公开的内容可认识到通过本发明的方法可获得的许多其它优点。

[0117] 在上述方法中,传感器 303 在研磨操作期间基本上连续地收集数据。然而应当明白,可在研磨完成之后而晶片尚在研磨机中时从传感器收集数据。此外,传感器 303 可间歇地或在单个时刻进行测量,这不脱离本发明的范围。类似地,在研磨操作完成之后和/或在将晶片从研磨机取出之后可开始进行或继续进行传感器数据的处理,这不脱离本发明的范围。

[0118] 另外,所示出的上述纳米拓扑结构评估系统的实施例是在晶片被竖直地保持在双面研磨机中时评估其纳米拓扑结构的,但应当明白,纳米拓扑结构评估系统也可对被保持为不同取向(例如水平的)的晶片进行纳米拓扑结构评估,这不脱离本发明的范围。

[0119] 尽管文中所述的纳米拓扑结构评估系统的实施例对每个晶片进行有限元分析来评估其纳米拓扑结构,然而本领技术人员会认识到,可使用从一定数量的这种有限元分析所获得的经验数据来形成标准,使得处理器可不实际进行有限元结构分析就可评估纳米拓

扑结构。例如,如果研磨机中的晶片的传感器数据足够类似于进行过有限元分析的另一个晶片的传感器数据,那么,先前的有限元分析的结果可用来评估研磨机中的晶片的纳米拓扑结构而不必对研磨机中的晶片实际进行有限元分析。数据库和学习程序可用来补强这个过程,因此就减少或消除了处理器进行有限元分析的情形。还可设想,有经验的纳米拓扑结构评估系统的操作人员可培养出这样的能力,即,通过查看传感器输出的图形显示或其它显示来识别表示纳米拓扑结构缺陷的标识,并手动实施补救措施,这并不脱离本发明的范围。

[0120] 此外,不必对每个晶片都进行纳米拓扑结构评估。如果需要的话,可对在研磨机中进行研磨的晶片中的一部分(例如,用于质量控制的样品)如本文所述地评估纳米拓扑结构,这并不脱离本发明的范围。

[0121] 参见示意性的图 29,示出并整体上用 500 表示晶片研磨机的另一个实施例。该晶片研磨机总体包括第一流体静力垫 506 和与第一流体静力垫相对地定位的第二流体静力垫 508。晶片 501 (更广义地说是“工件”)定位在流体静力垫 506、508 之间。该晶片研磨机中还包括一对研磨轮(未示出)。该晶片研磨机可类似于上述那些实施例。然而,图 29 的晶片研磨机包括其它部件,以有助于减少由晶片研磨机加工的晶片的 NT 恶化。

[0122] 第一流量控制阀 504 控制通往第一流体静力垫 506 的水的流量,第二流量控制阀 502 控制通往第二流体静力垫 508 的水的流量。在该实施例中,垫中的流体静压力受水流量控制,不过也可设想其它模式。

[0123] 流量控制阀 502、504 是能够控制水的流量或压力的任何合适的阀。例如,流量控制阀 502、504 可为球心阀、球阀、闸阀、隔膜阀、针阀或它们的任何组合。流量控制阀 502、504 可由任何适当的致动器(未示出)控制,并且它们可被分开控制。

[0124] 控制系统 600 控制晶片研磨机和流量控制阀 502、504 的操作。控制系统 600 包括具有处理器、一种或多种形式的计算机可读介质和输入/输出装置的计算装置 602。在一些实施例中,计算装置 602 的处理器可操作以控制流量控制阀 502、504。控制系统 600 可操作以测量研磨轮所使用的电流的量。控制系统 600 可直接测量研磨轮所使用的电流,或者它可从测量研磨轮所使用的电流的单独的监控装置(未示出)接收信号或其它通信。

[0125] 研磨轮所使用的电流的量表示研磨操作的当前阶段。例如,且如图 30 所示,当研磨轮首先触碰晶片 501 时,研磨轮所引取(draw)的电流在用 550 表示的初始状态与用 540 表示的残存状态相比稍微增大。图 30 示出各研磨轮在研磨操作期间所引取的电流。电流引取随着研磨轮尝试夹持晶片 501 而继续增大,如沿着用 560 表示的部分所示。在该阶段,从晶片 501 去除的材料较少。随着电流引取在用 570 表示的部分达到其峰值,从晶片 501 去除的材料量增加。电流引取在大部分材料被研磨轮从晶片 501 去除的同时停留在这一峰值水平。在用 580 表示的无火花阶段(当研磨轮开始回退时),电流引取快速下降。在研磨轮完全回退之后,电流引取回落到用 590 表示的残存水平。

[0126] 计算装置 602 使用所监测或感测到的研磨轮的电流引取来预测(即检测或确定)研磨操作的当前阶段。计算装置 602 借助于模式检测软件程序来作出这一预测。该模式检测软件程序包括存储在计算装置 602 上的所述一种或多种形式的计算机可读介质上的计算机可执行的指令。计算机可执行的指令由计算装置 602 的处理器执行。

[0127] 控制系统 600 可操作以基于由模式检测软件确定的研磨阶段使用流量控制阀

502、504 来控制流体静力垫 506、608 中的压力。为了尽量减小 NT 恶化,控制系统 600 增大在研磨过程开始和结束时的研磨阶段期间的流体静力垫中的压力。在这些研磨阶段,研磨轮的电流引取最低。控制系统 600 由此控制流量控制阀 502、504 使得所述阀增大输入到流体静力垫 506、508 的水的流量并因此提高流体静力垫中的压力。

[0128] 在从晶片 501 去除大部分材料的一个或多个研磨阶段,控制系统 600 控制流量控制阀 502、504 以降低输入到流体静力垫 506、508 的水的流量并因此降低流体静力垫中的压力。在这一研磨阶段期间,研磨轮支承晶片 501 并将晶片夹持在研磨轮之间。通过在这一研磨阶段期间降低流体静力垫 506、508 中的压力,大大降低或消除了晶片所经受的弹性变形的量。晶片 501 中的弹性变形的这种减少或消除使得晶片 501 的表面的 NT 减小。

[0129] 在操作中,控制系统 600 由此执行在方框 610 中使用模式检测软件来检测(即确定)研磨阶段的方法。在方框 620 中,根据由模式检测软件在方框 610 中检测到的研磨阶段来计算流量的变化。控制系统 600 然后在方框 630 中通过控制流量控制阀 502、504 来施用这些变化。控制系统 600 因此可操作以调控流体静压力。

[0130] 控制系统 600 也可操作以执行另一种方法,其中在流体静力垫 506、508 中建立第一流体静压力以初始将晶片 501 夹持在垫之间。在该方法中,晶片 501 被保持在基本竖直的平面内。然后在晶片 501 的研磨期间用流量控制阀 502、504 将流体静力垫 506、508 中的流体静压力减小至比第一压力低的第二流体静压力。在晶片 501 的研磨期间,晶片 501 可基本上由研磨轮夹持。然后流体静压力提高至第三流体静压力,以夹持晶片并由此改善晶片 501 中的纳米拓扑结构。第三流体静压力可基本上等于第一流体静压力。

[0131] 根据另一种方法,控制系统 600 执行包括夹持晶片、研磨晶片并使晶片与研磨轮脱离接触这些阶段的方法。晶片被保持在基本竖直的平面内。模式检测软件用于检测研磨操作的各阶段并改变各阶段的流体静压力,以改变施加至晶片的夹持压力,由此改善所加工的晶片中的纳米拓扑结构。该实施例的流体静压力通过改变经过流量控制阀 502、504 的流量而改变,不过也可设想其它改变压力的方式。在示例性实施例中,压力在研磨阶段中降低。在其它实施例中,压力在研磨阶段期间升高。

[0132] 示例

[0133] 通过测量第一组晶片和第二组晶片的表面而获得两组数据。所测试的晶片没有进入和离开痕迹或其它类似的缺陷。根据在研磨阶段期间不改变流体静压力的常规工艺(即记录工艺或 POR)研磨第一组晶片。根据在研磨阶段期间提高流体静压力的图 29 的实施例研磨第二组晶片。根据表面的各部分(例如 10mm×10mm 部分)的阈值高度平均值来测量所测试的晶片的表面(即 THA1010 测量标准)。根据 THA1010 测量标准进行的测量表示晶片表面的一部分内的最大峰谷竖直距离。在不同部分(不过这些部分可重叠)跨晶片的表面进行多次这样的测量。THA1010 测量标准是用来评价晶片表面的纳米拓扑结构的公知测量标准。使用该标准,数量越低,晶片表面的纳米拓扑结构就越好。

[0134] 图 31 是示出两组数据的 THA1010 测量的标准化分布的曲线图。第一组数据被称为标准化 THA1010POR,第二组数据被称为标准化 THA1010Low Pr。使每一组数据的测量值标准化(即除以公约数)。该曲线图上的每一个数据点的 y 坐标表示等于或小于相应数据点的 x 坐标的测量值的百分比。此外,实线表示第一组数据的 95% 置信区间的界限。虚线表示第二组数据的 95% 置信区间的界限。

[0135] 图 32 是示出所测试晶片的表面上的标准化的阈值高度区域测量值的箱线图。该图示出图 31 的两组数据的箱线,并且该图针对每一组数据示出相应的最小值、第一四分位数、中位数、第三四分位数和最大值。

[0136] 图 31 和 32 由此示出根据图 29 的实施例研磨的晶片的表面具有大大低于根据 POR 研磨的晶片的表面的峰谷测量值。根据图 29 的实施例研磨的晶片的表面因此与根据 POR 研磨的晶片的表面相比具有改善的纳米拓扑结构。例如,根据图 29 的工艺研磨的晶片具有 0.6346 的标准化平均 THA1010,而根据 POR 研磨的晶片具有 0.6738 的标准化平均 THA1010。与根据 POR 研磨的晶片(标准偏差 =0.09956)相比,对于根据图 29 研磨的晶片(标准偏差 =0.09826)而言标准偏差同样减小。

[0137] 此外,图 32 的箱线图示出根据图 29 研磨的晶片的标准化峰谷测量值与 POR 的那些相比分布在较窄的范围内。如清楚所示,第二组数据(即 Low Pr)的第一和第三四分位数比第一组数据(即 POR Pr)的那些更紧密地间隔开。此外,第二组数据的最大值和最小值具有比第一组数据的最大值和最小值低的值。

[0138] 当介绍本发明或其优选实施例的各要素时,冠词“一”、“该”和“所述”用于表示有一个或多个要素。术语“包括”、“包含”和“具有”是指包括在内的且表示有除所列要素之外的其它要素。

[0139] 由于可在本发明的范围内对以上内容作出各种改动,因此包括在以上说明中和显示在附图中的所有内容应解释为是示例性的而非限制性的。

现有技术

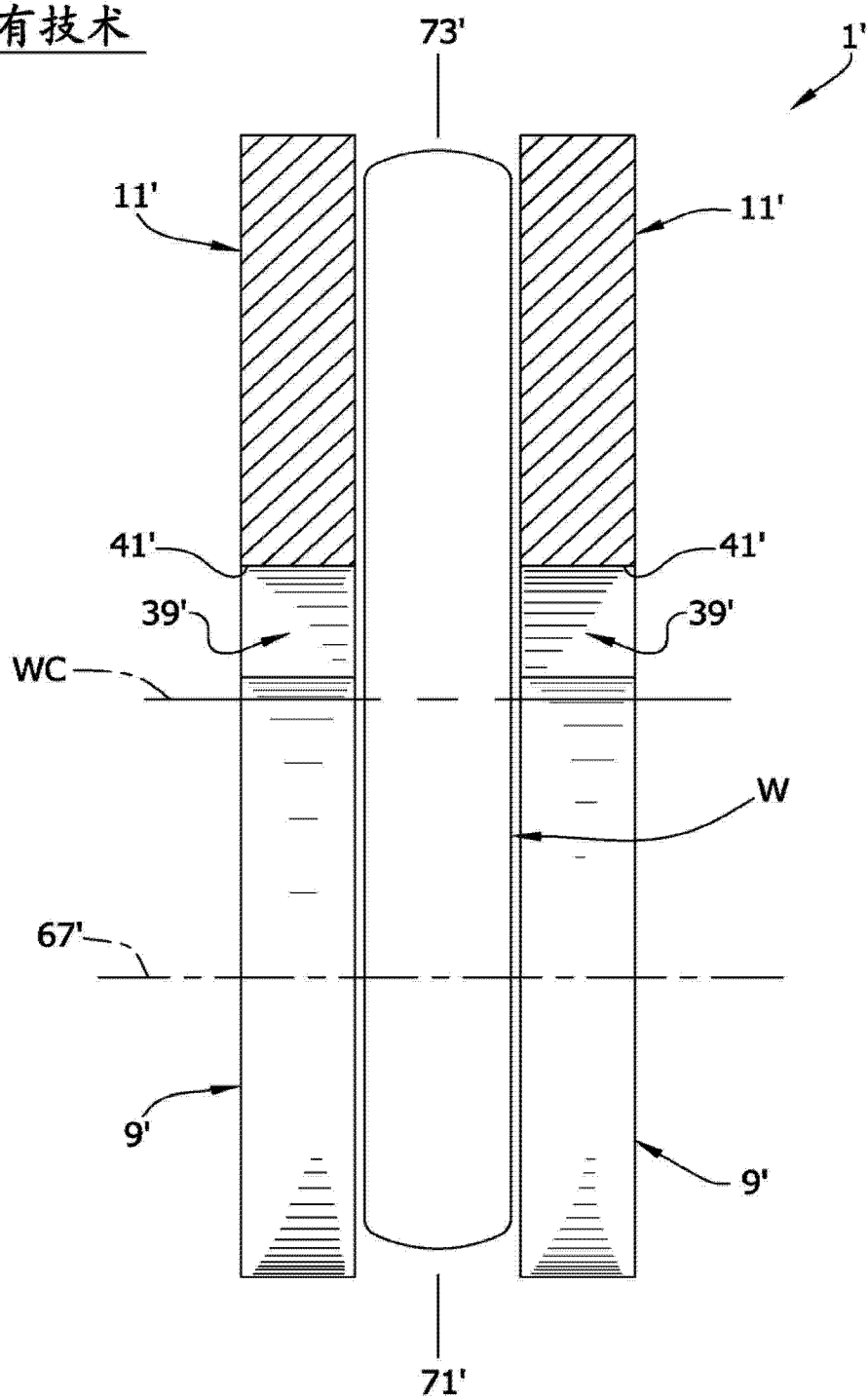


图 1

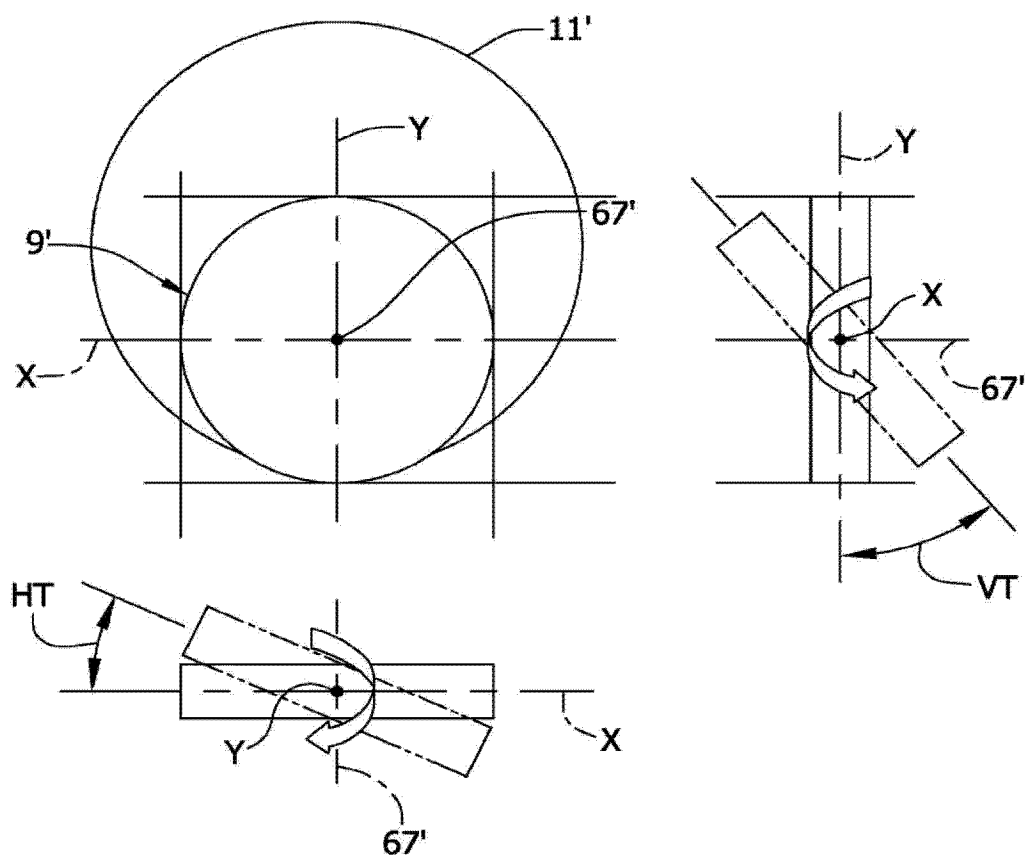
现有技术

图 3

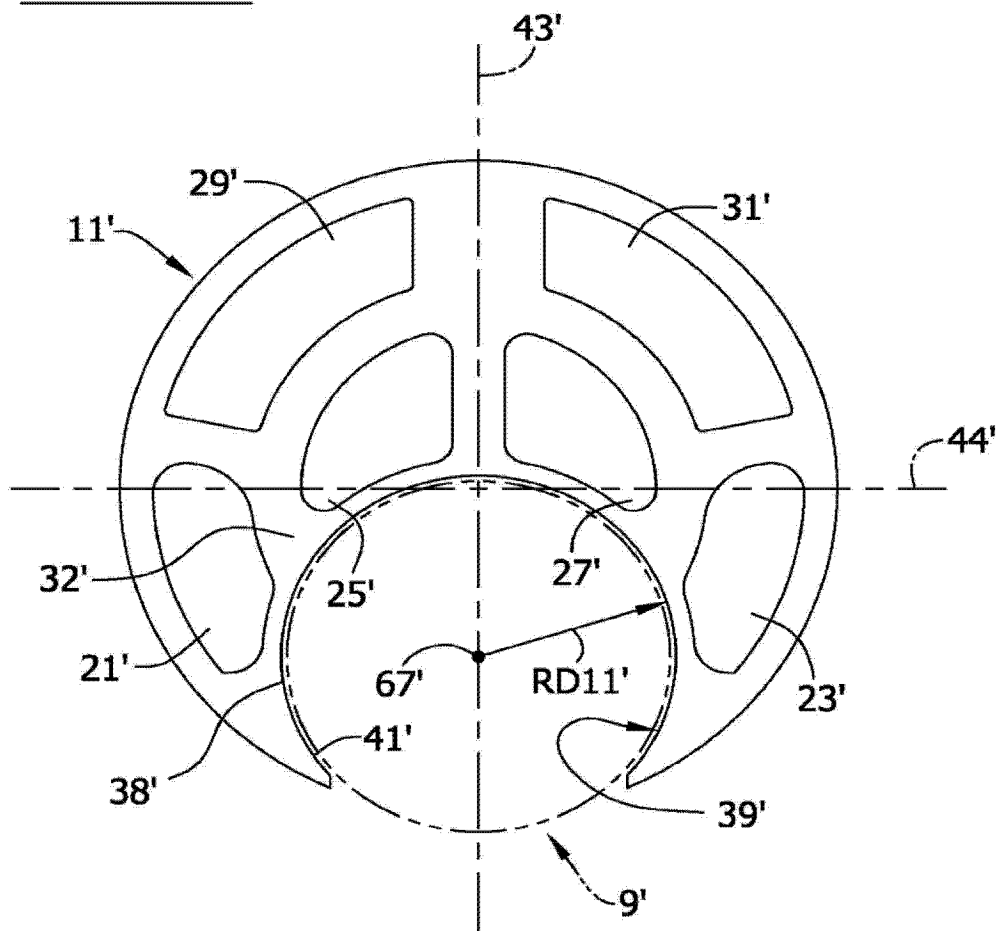
现有技术

图 4

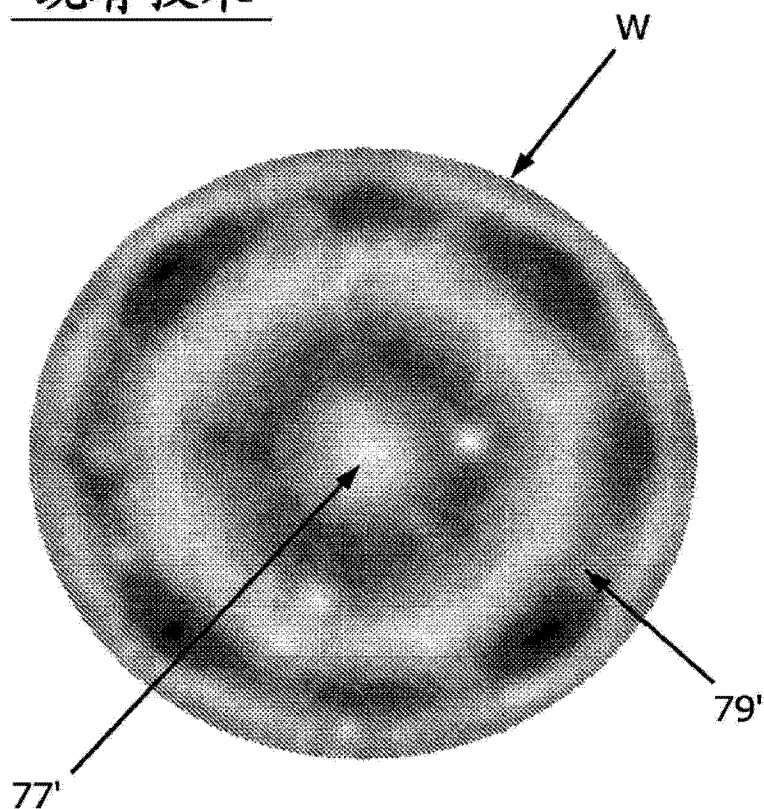
现有技术

图 5A

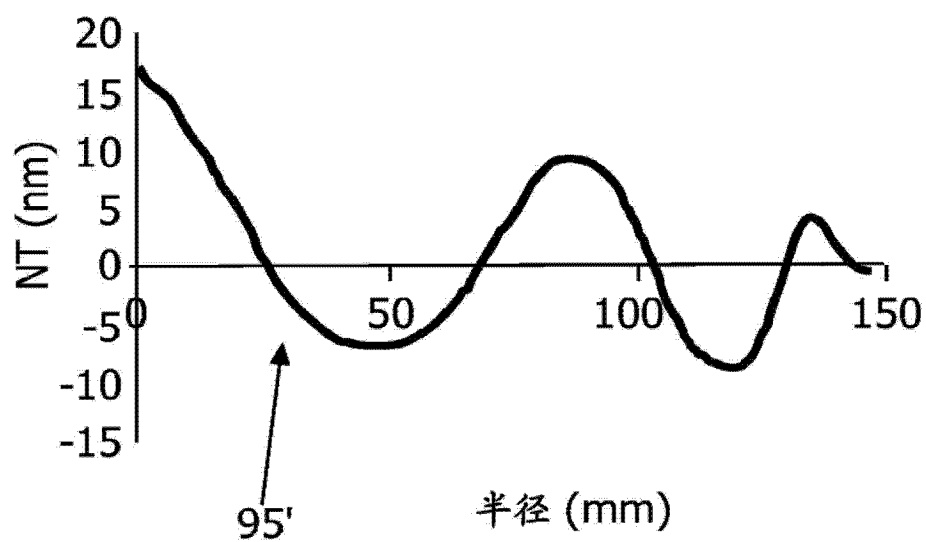
现有技术

图 5B

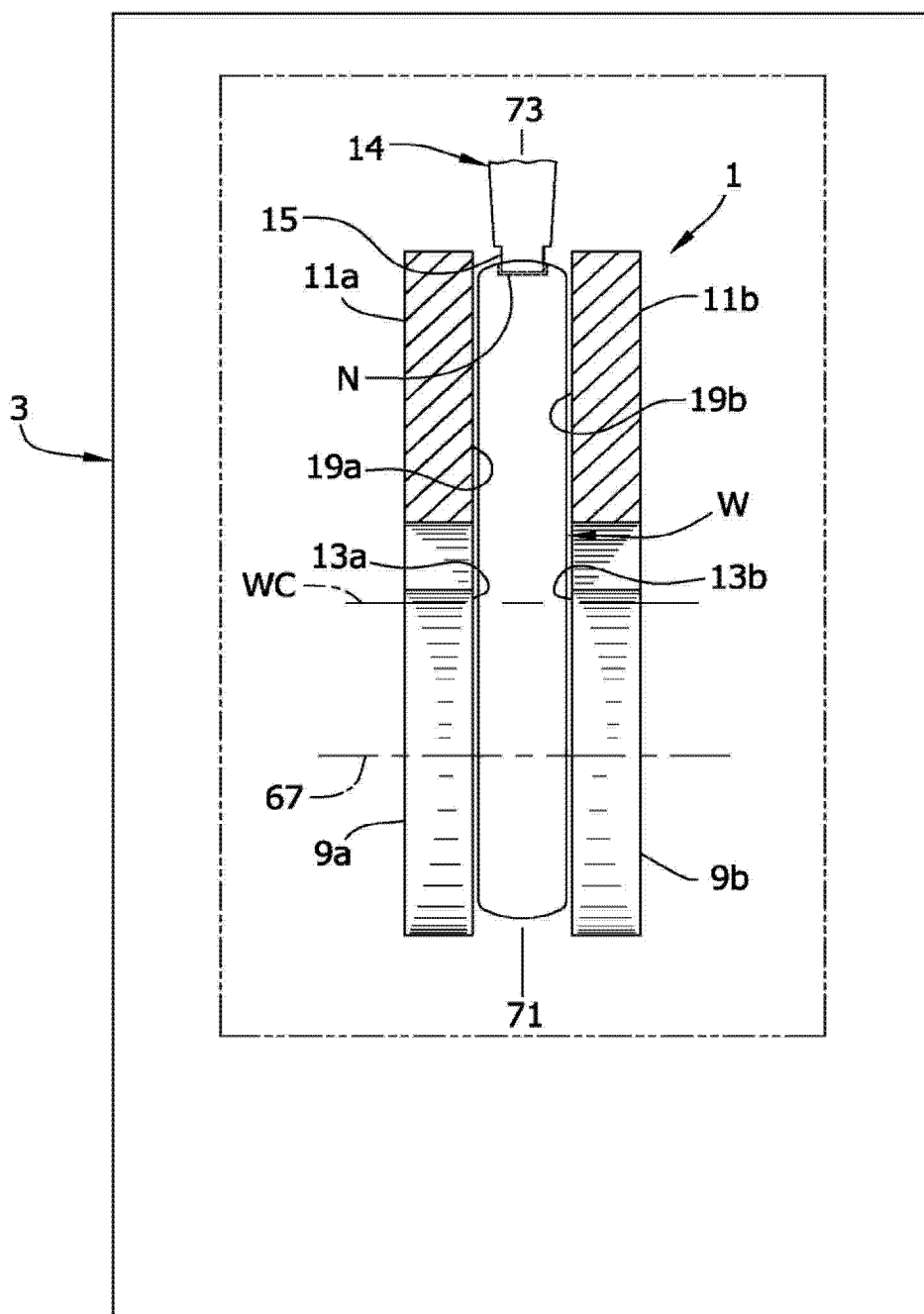


图 6

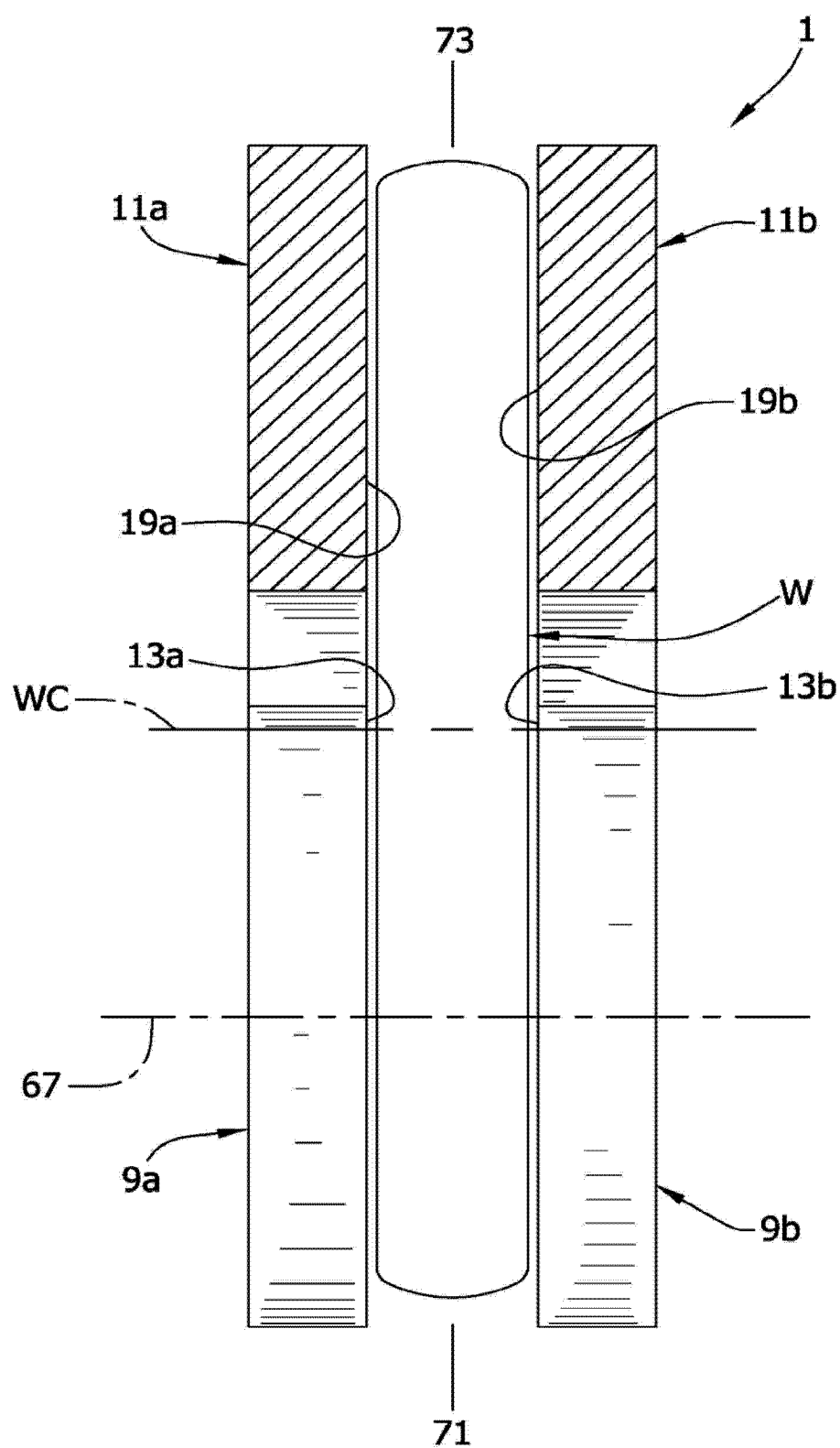


图 7

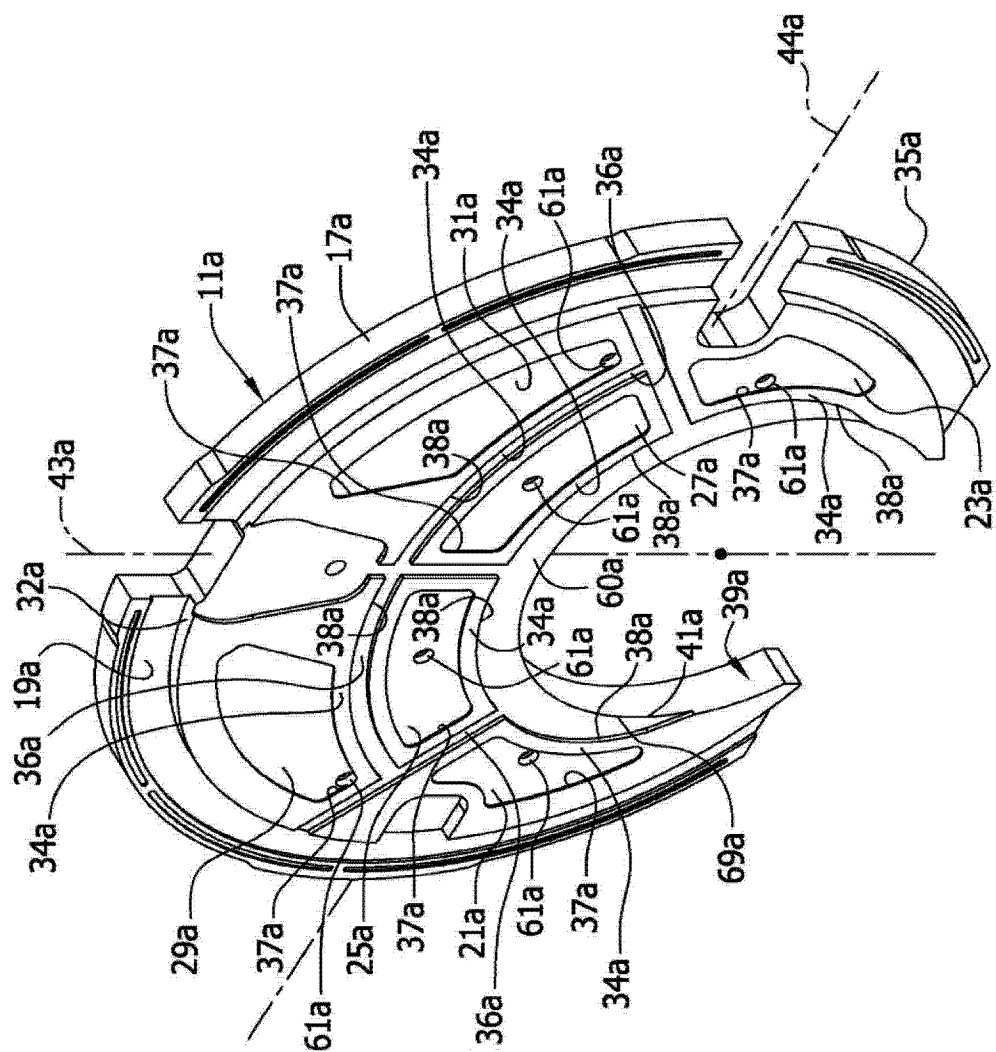


图 8

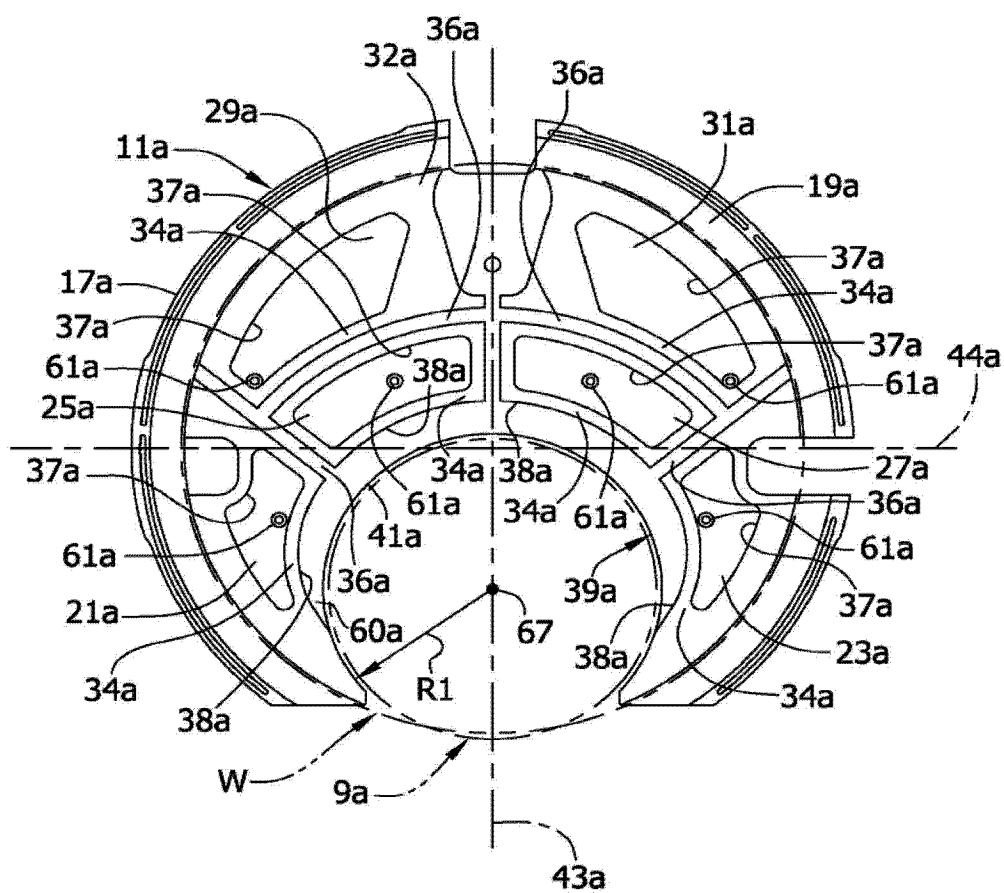


图 9A

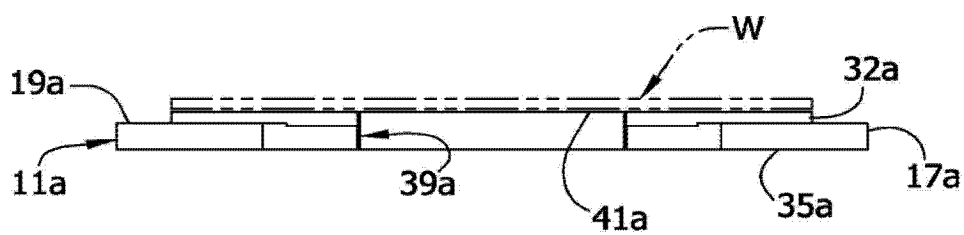


图 9B

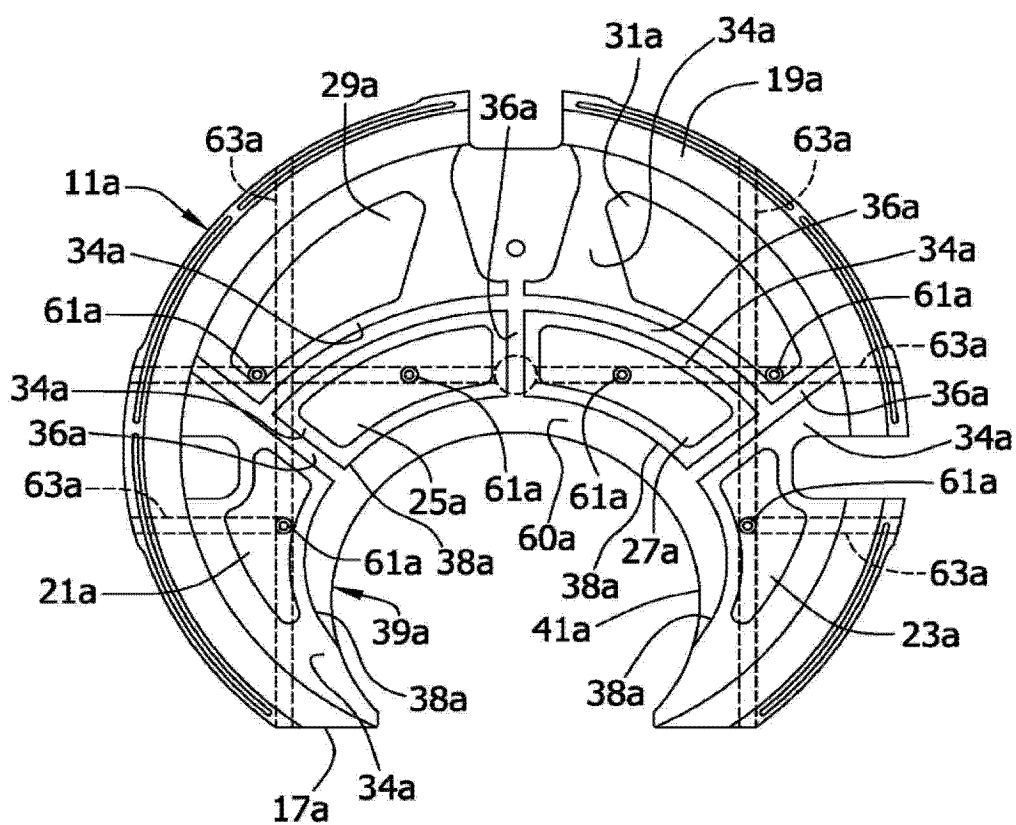


图 10

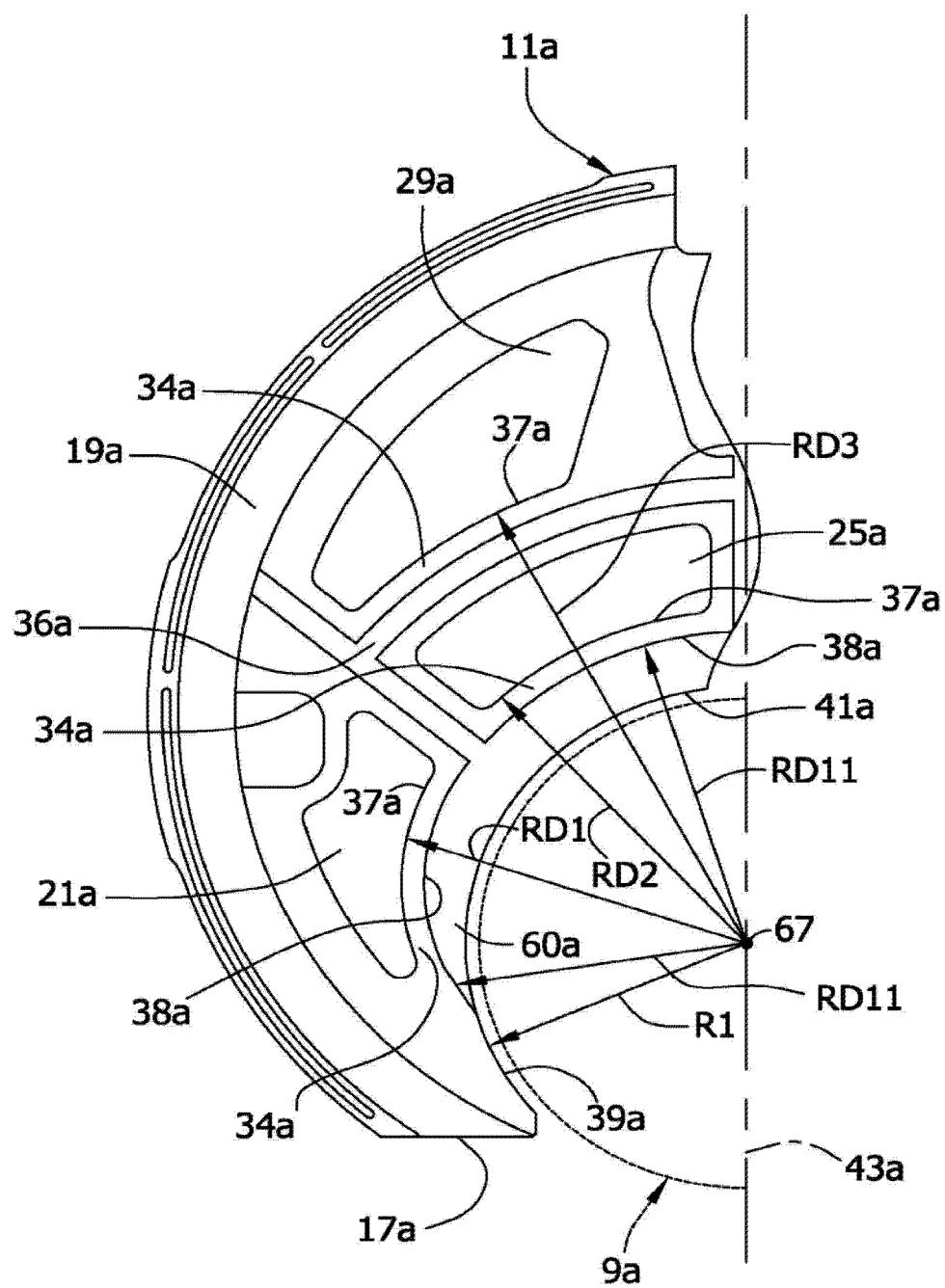


图 11

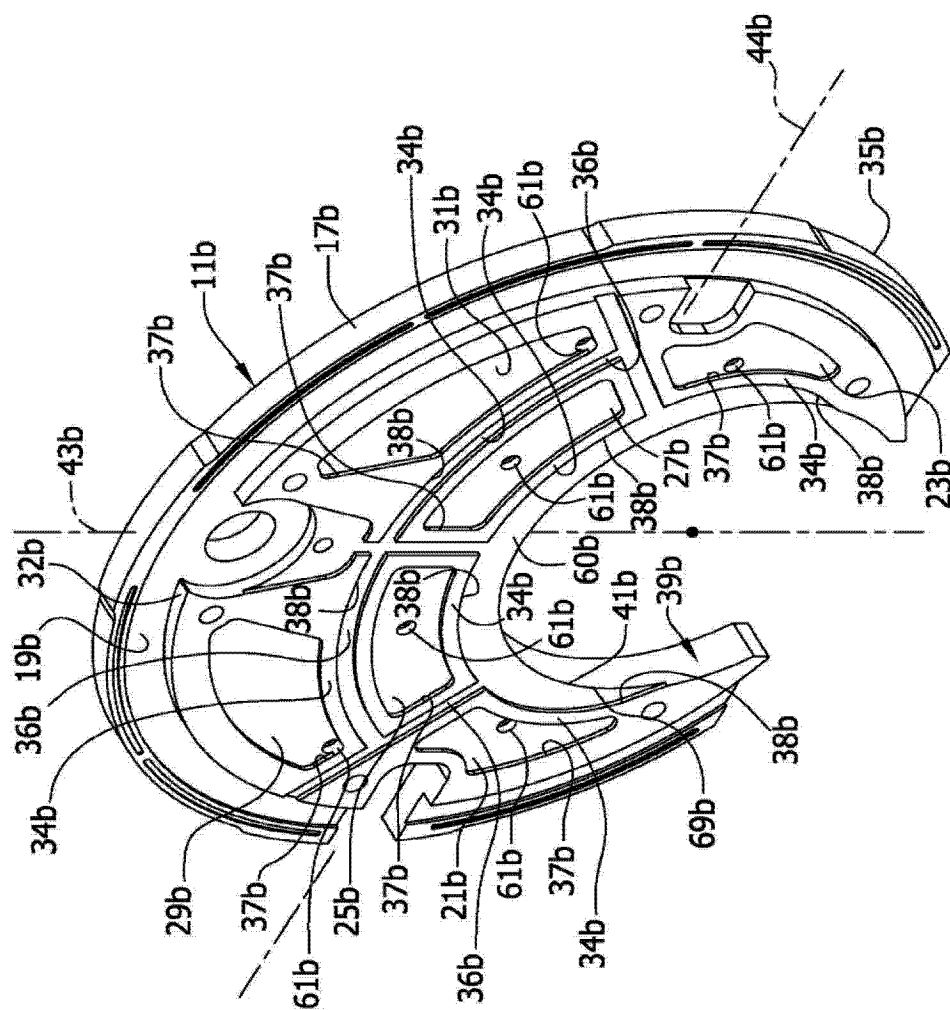


图 12

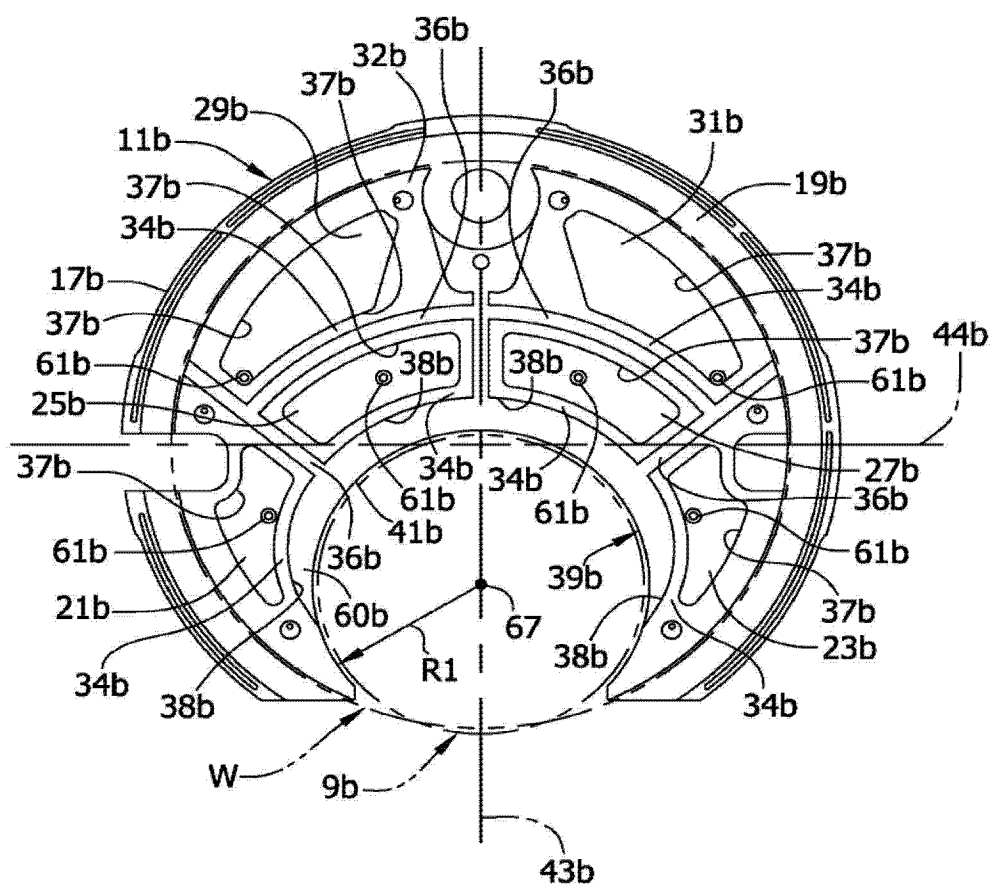


图 13A

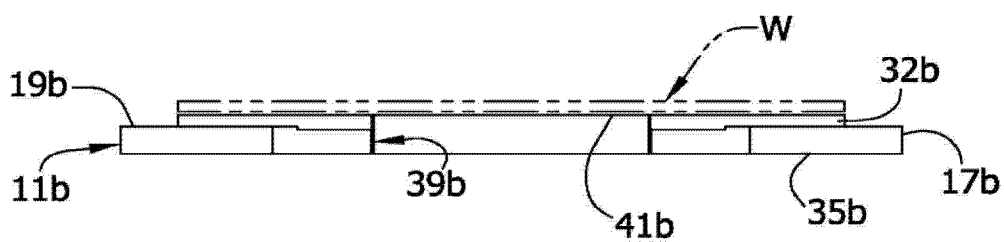


图 13B

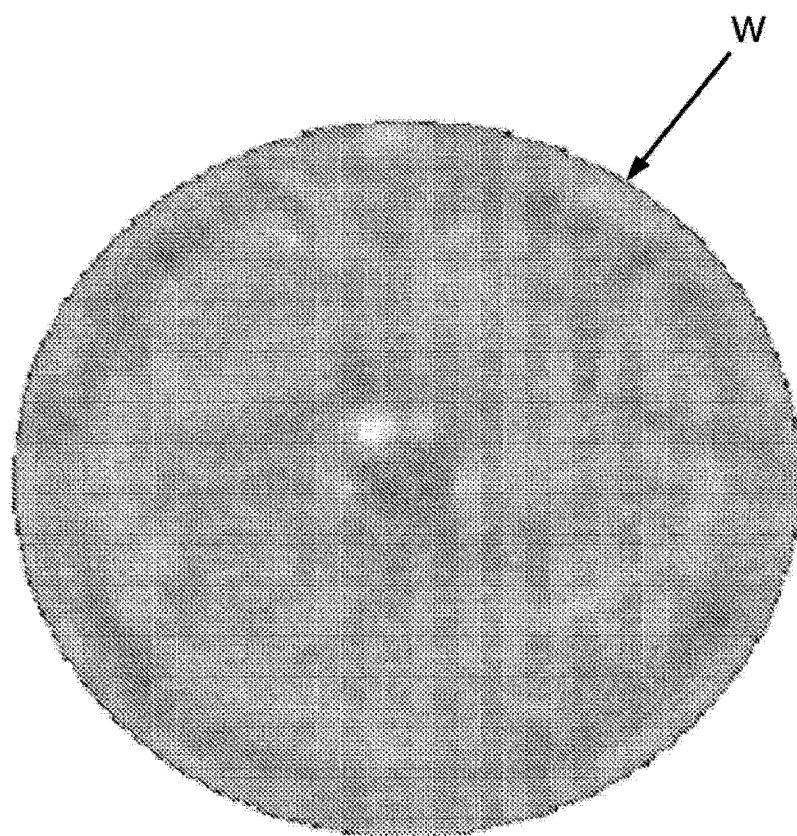


图 14

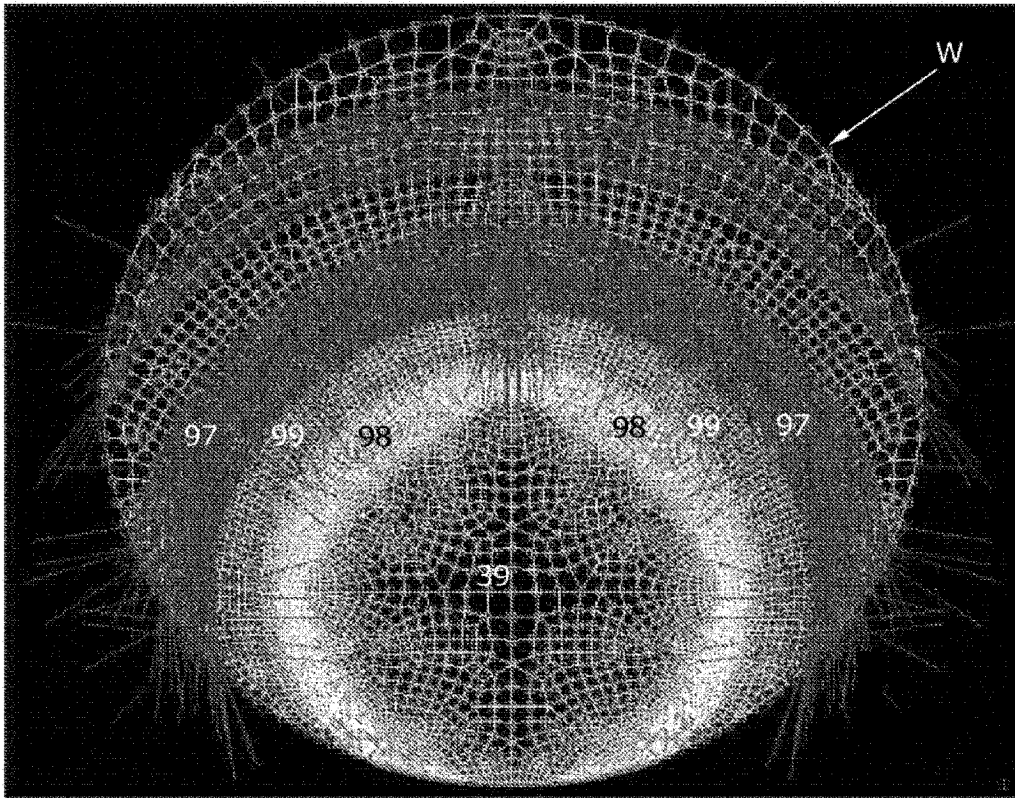


图 15A

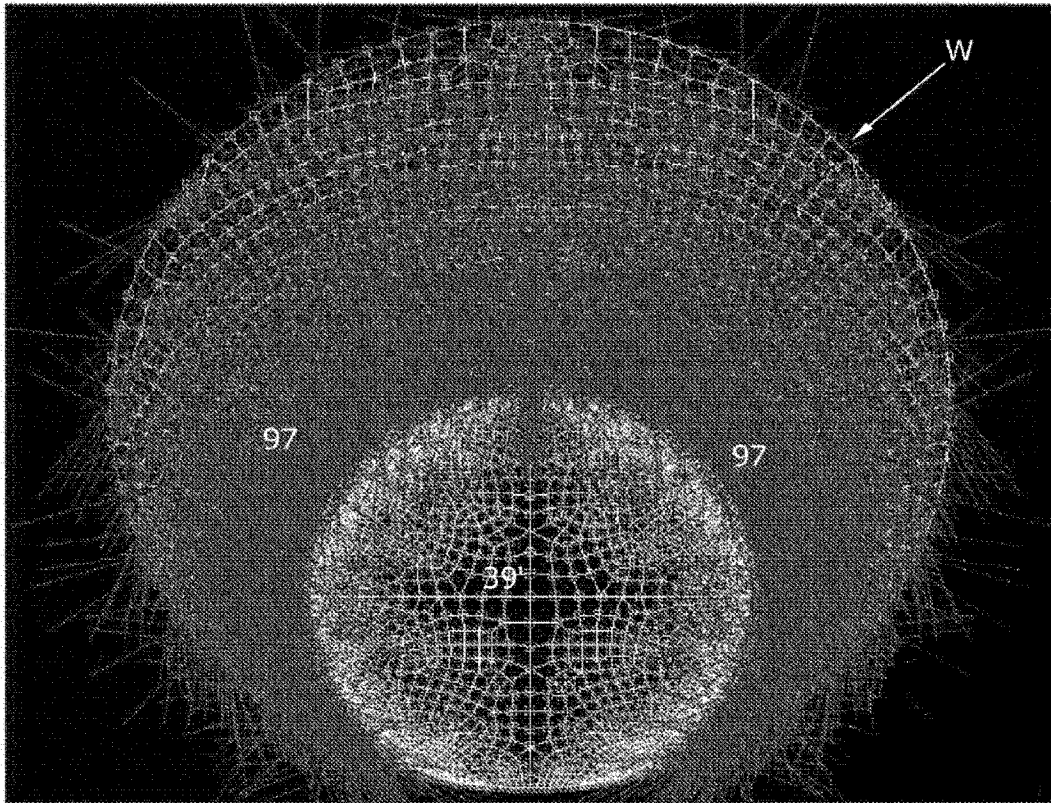
现有技术

图 15B

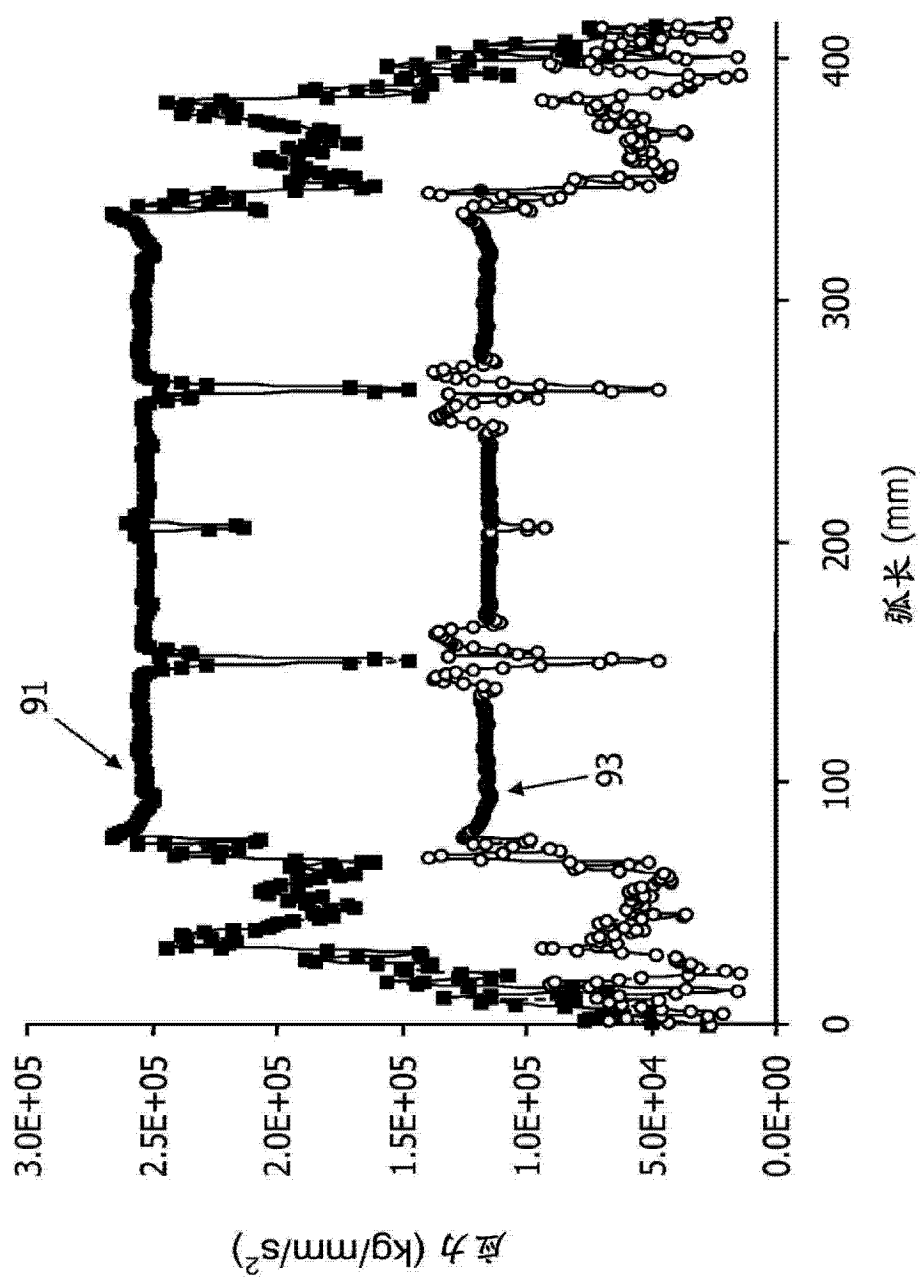


图 16

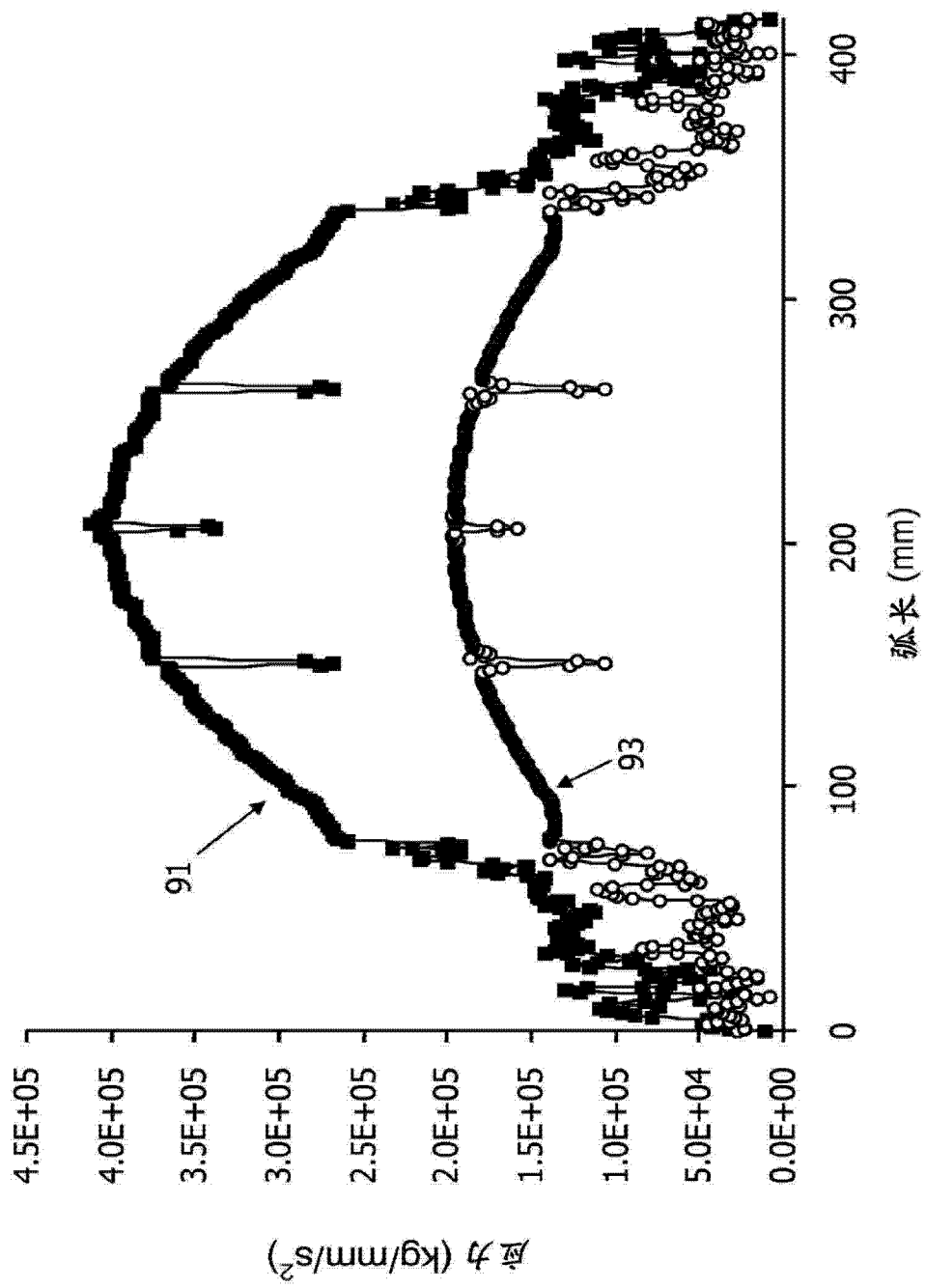


图 17

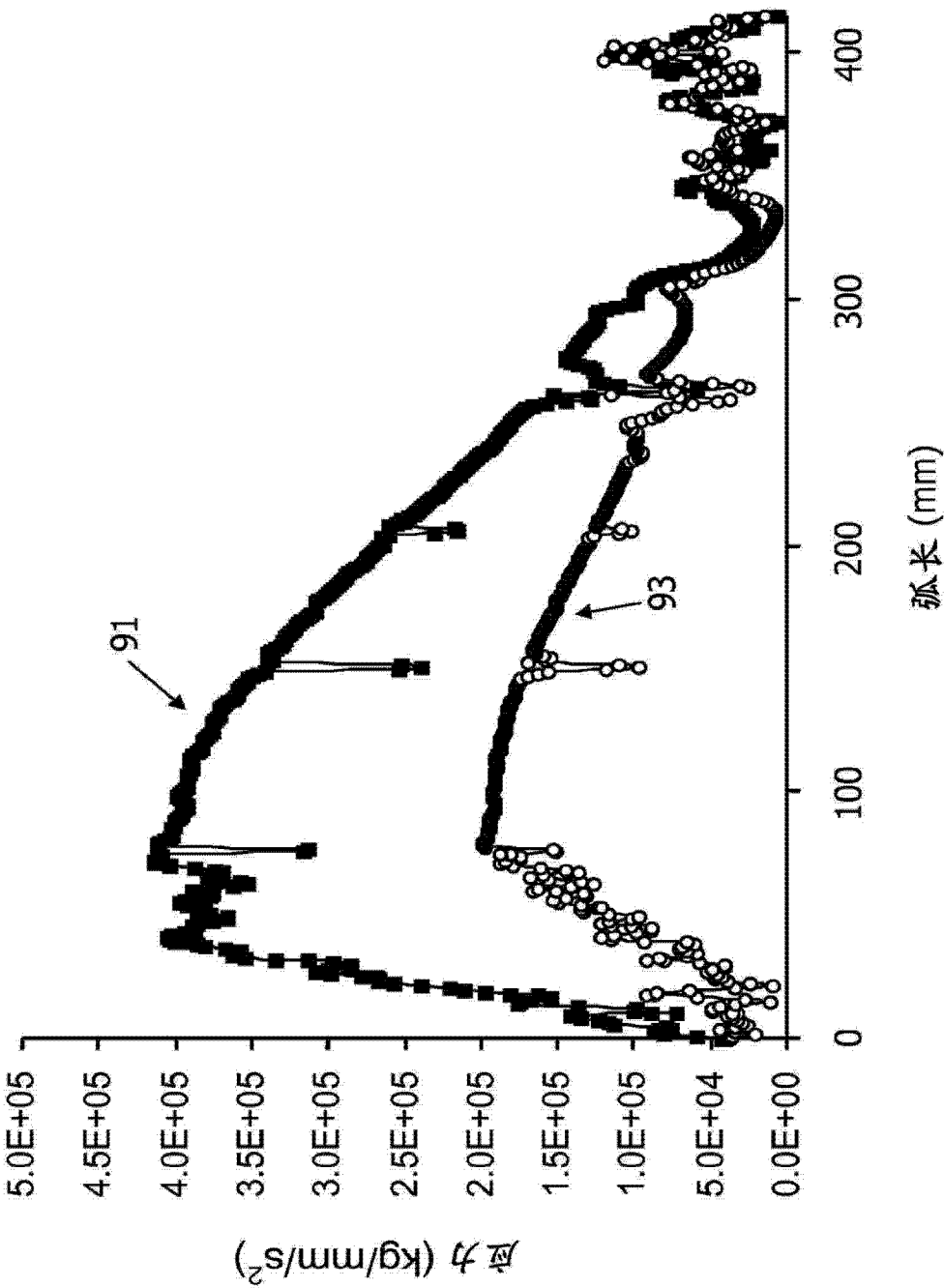


图 18

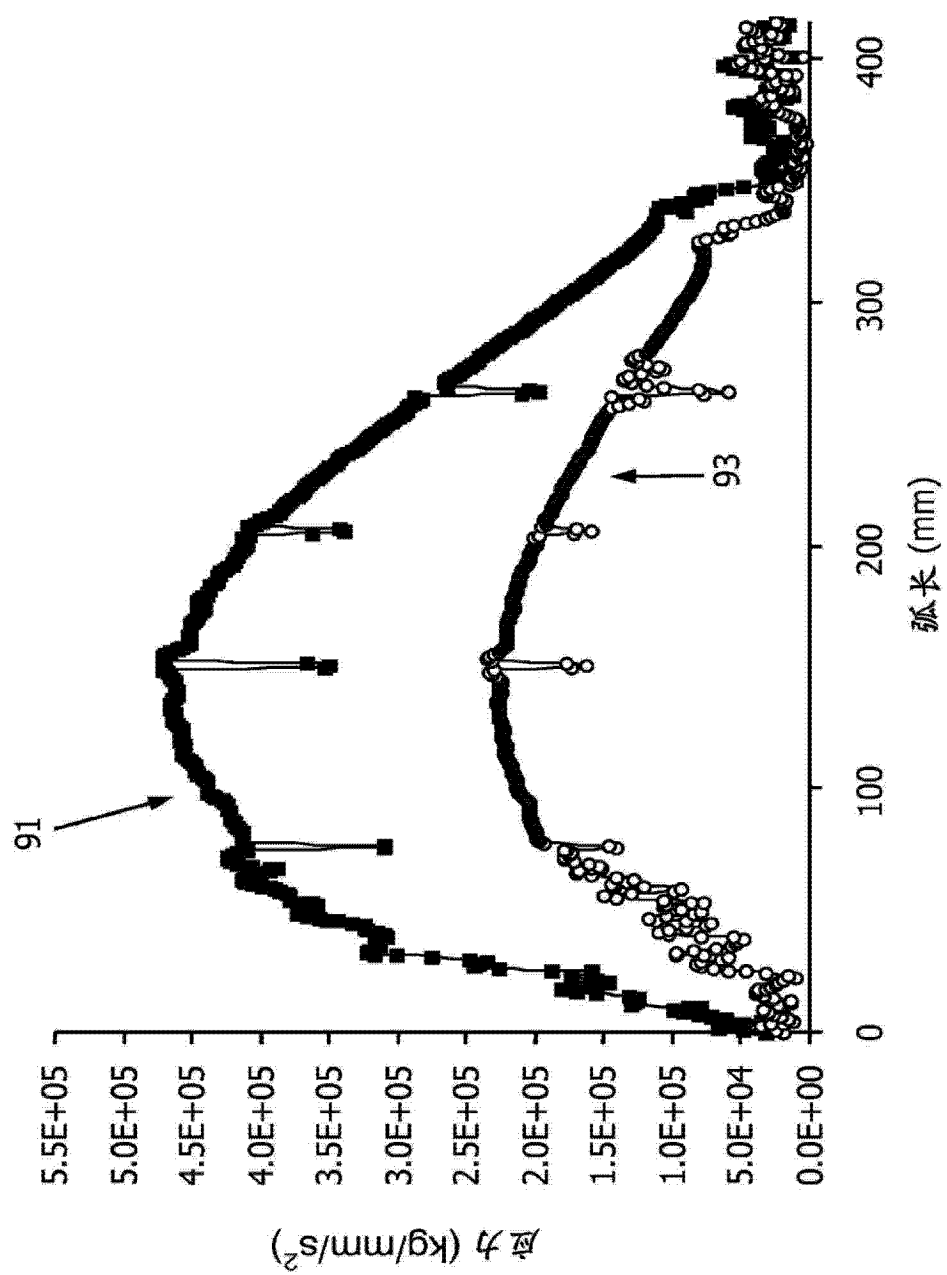


图 19

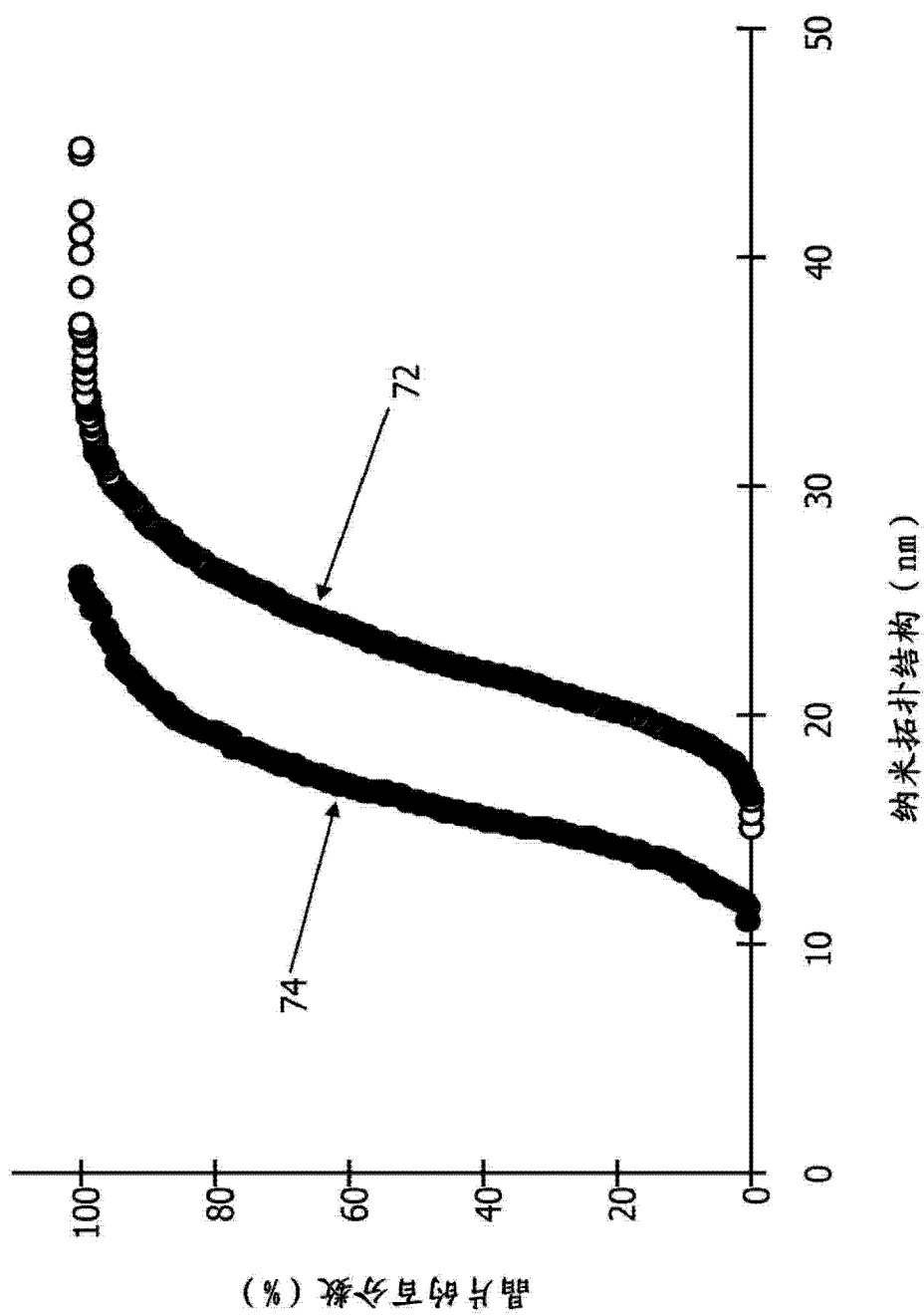


图 20

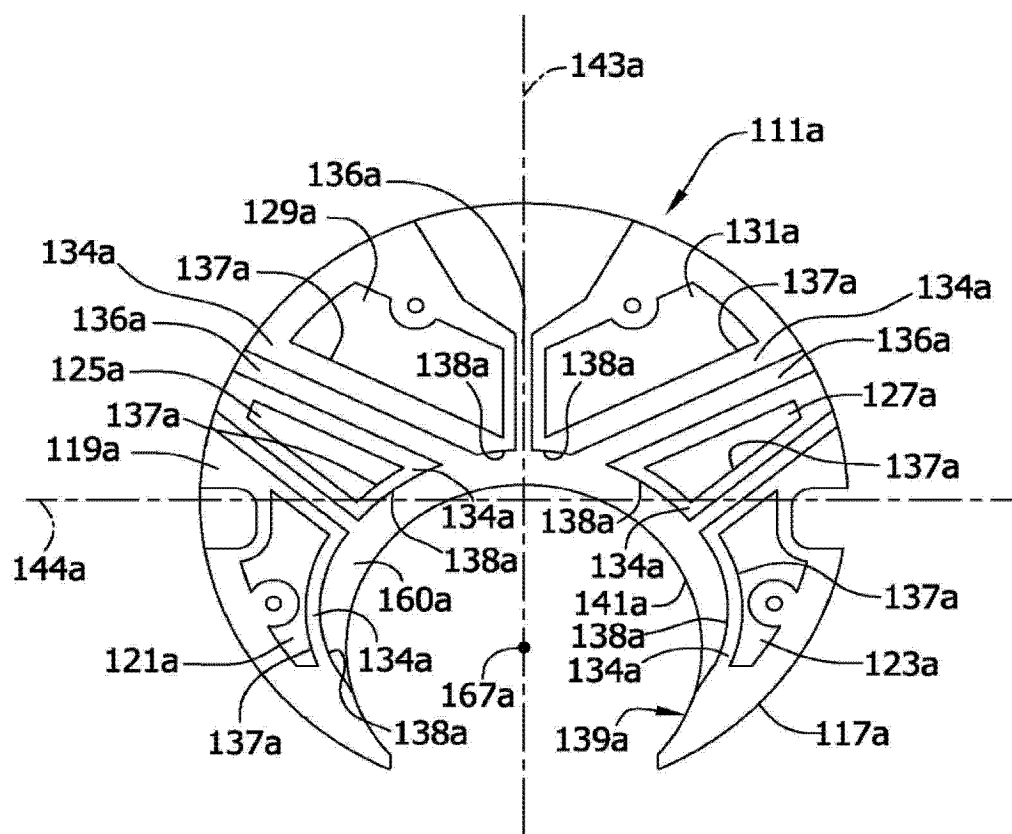


图 21

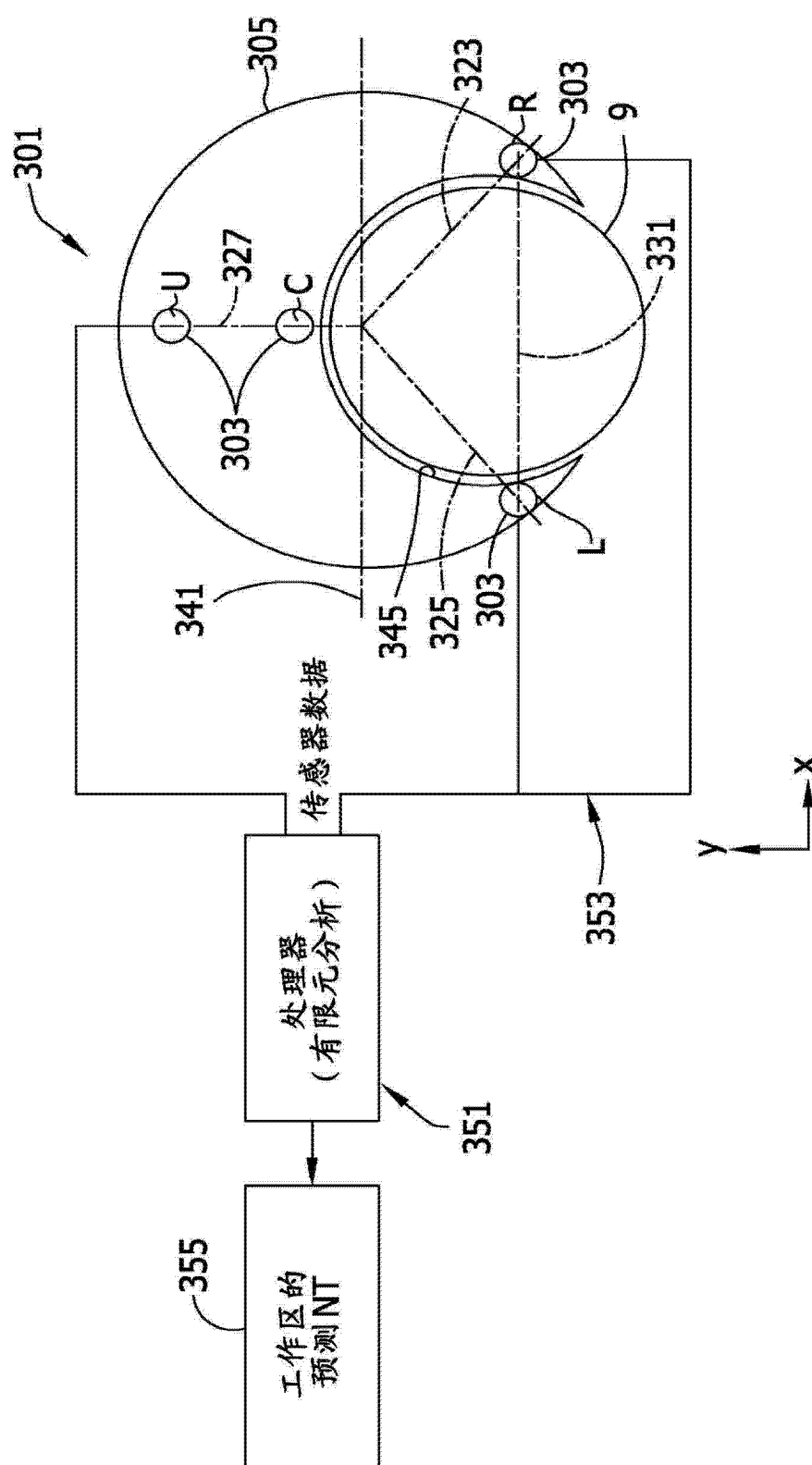


图 22

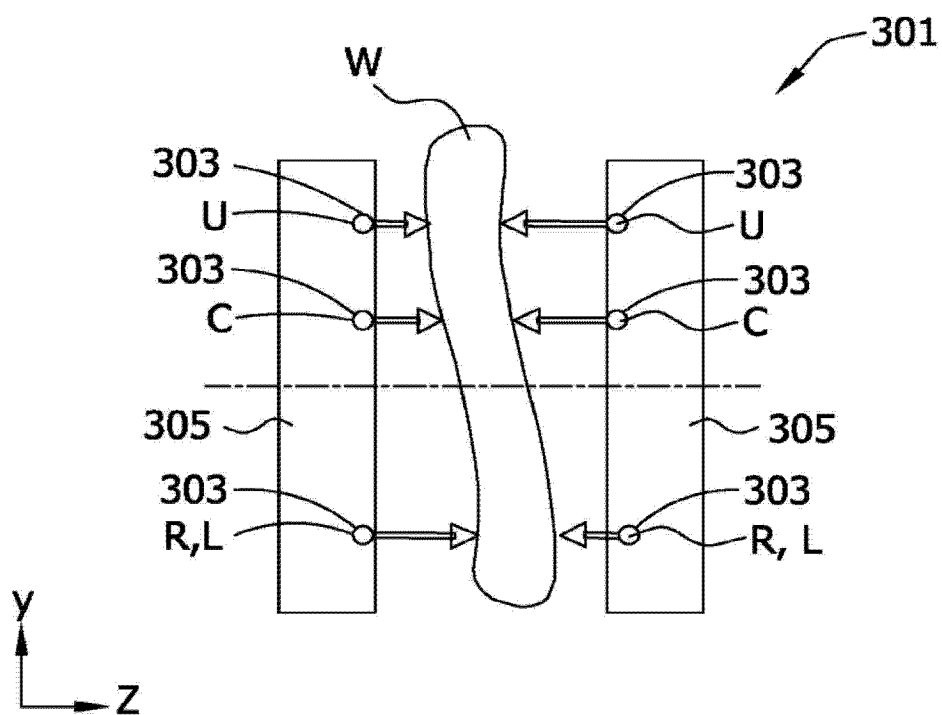


图 23

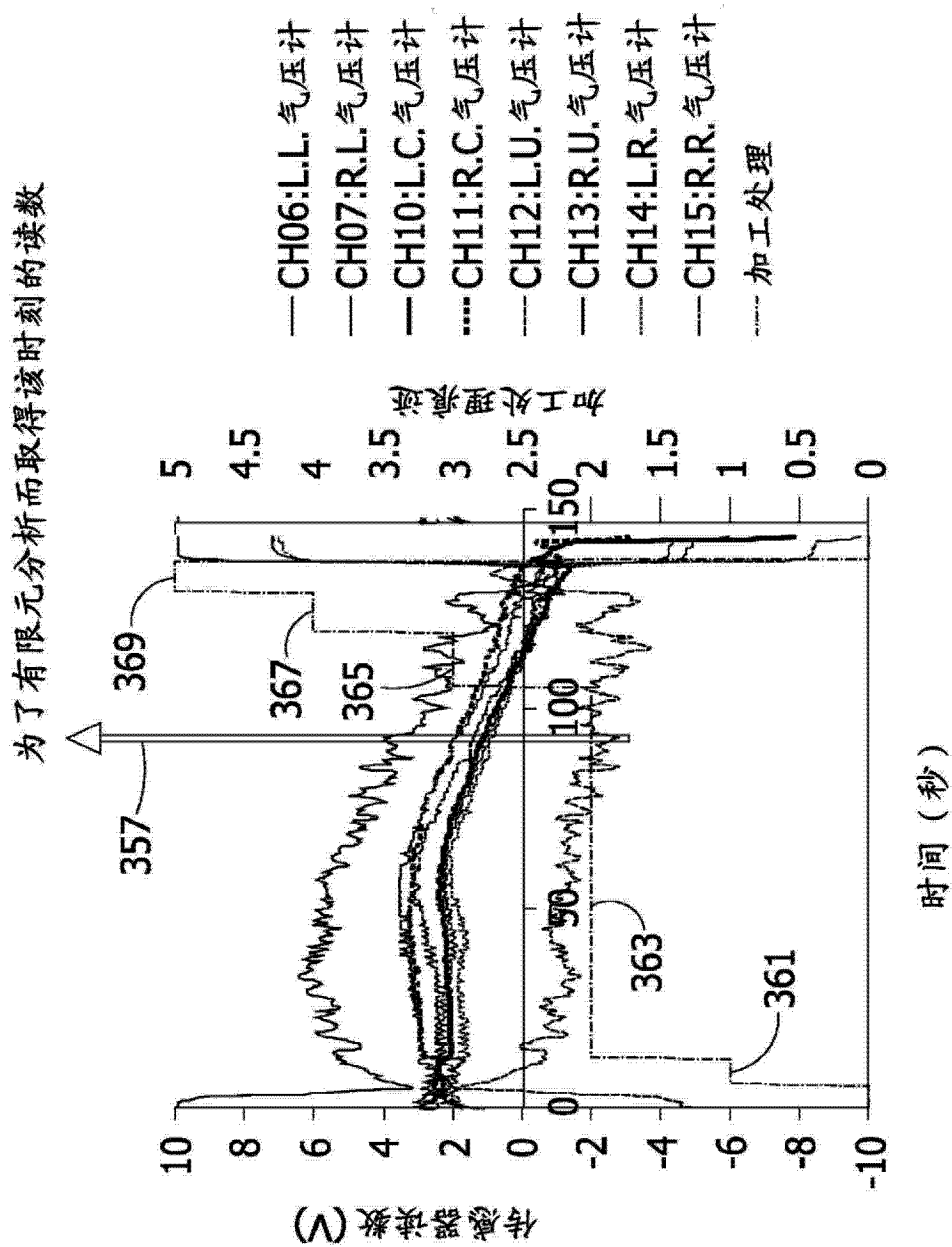


图 24

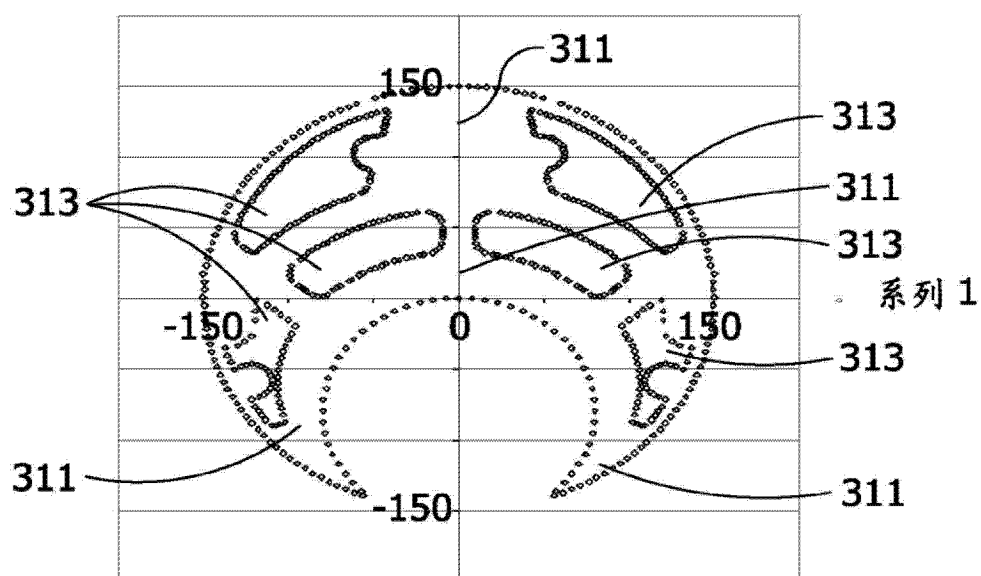


图 25A

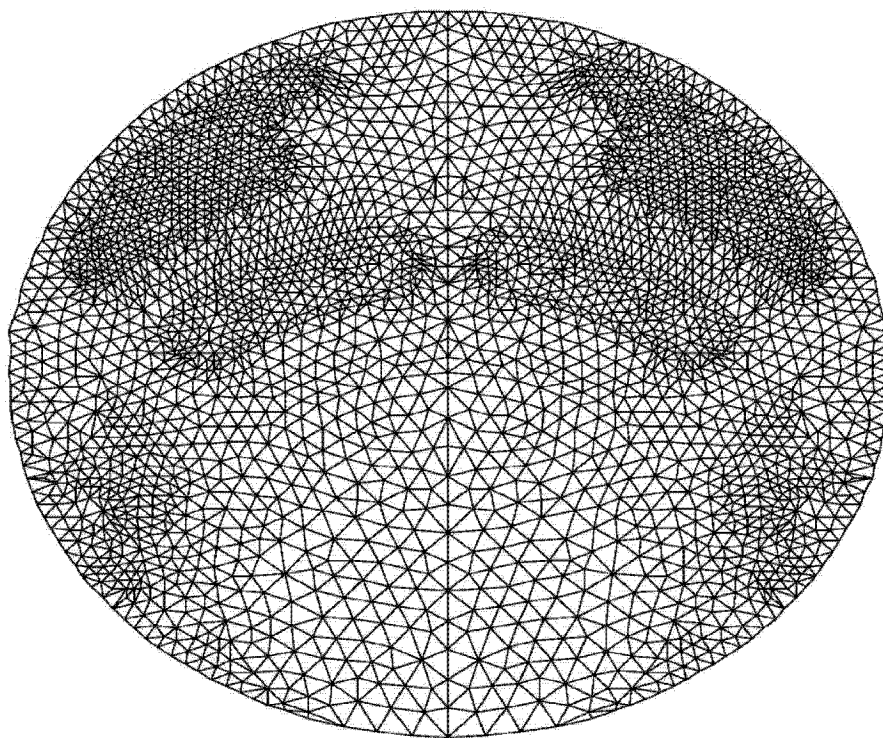


图 25B

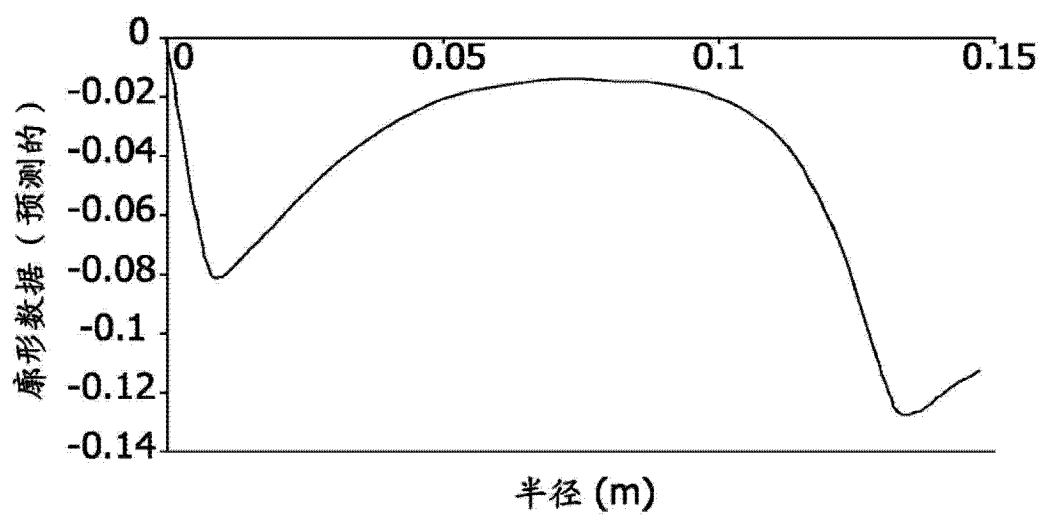


图 26A

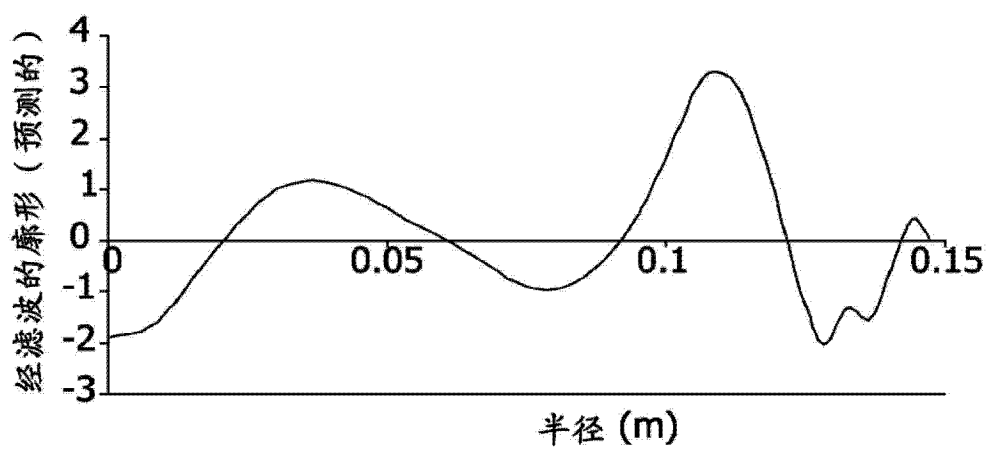


图 26B

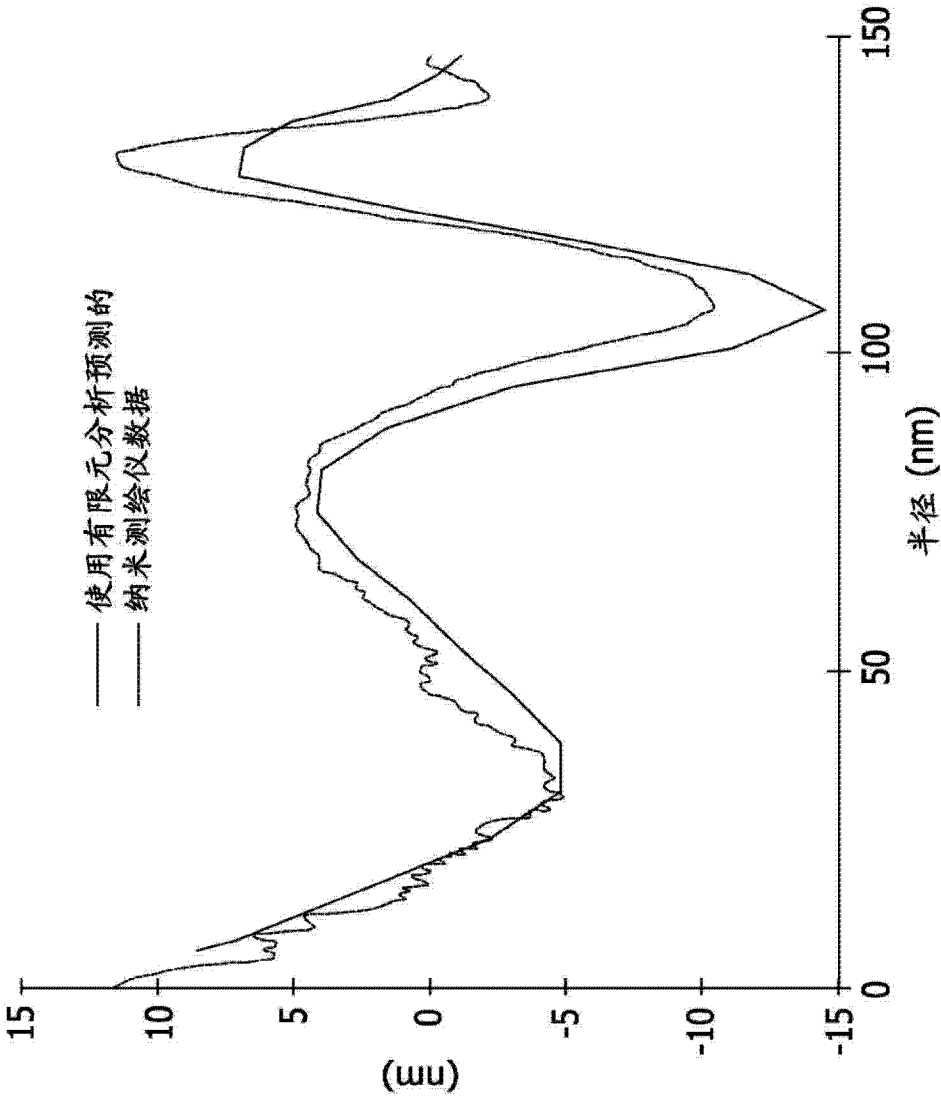


图 27

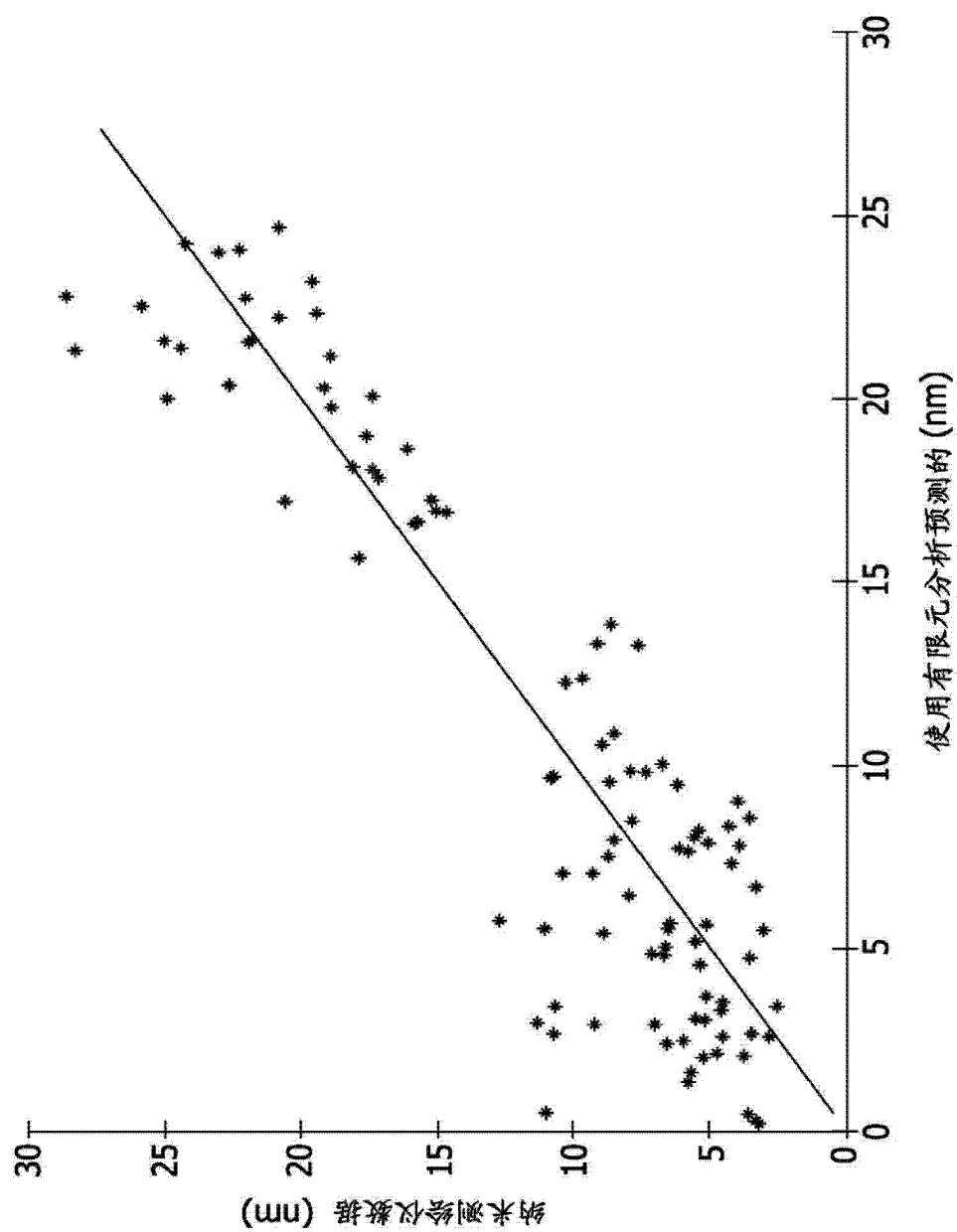


图 28

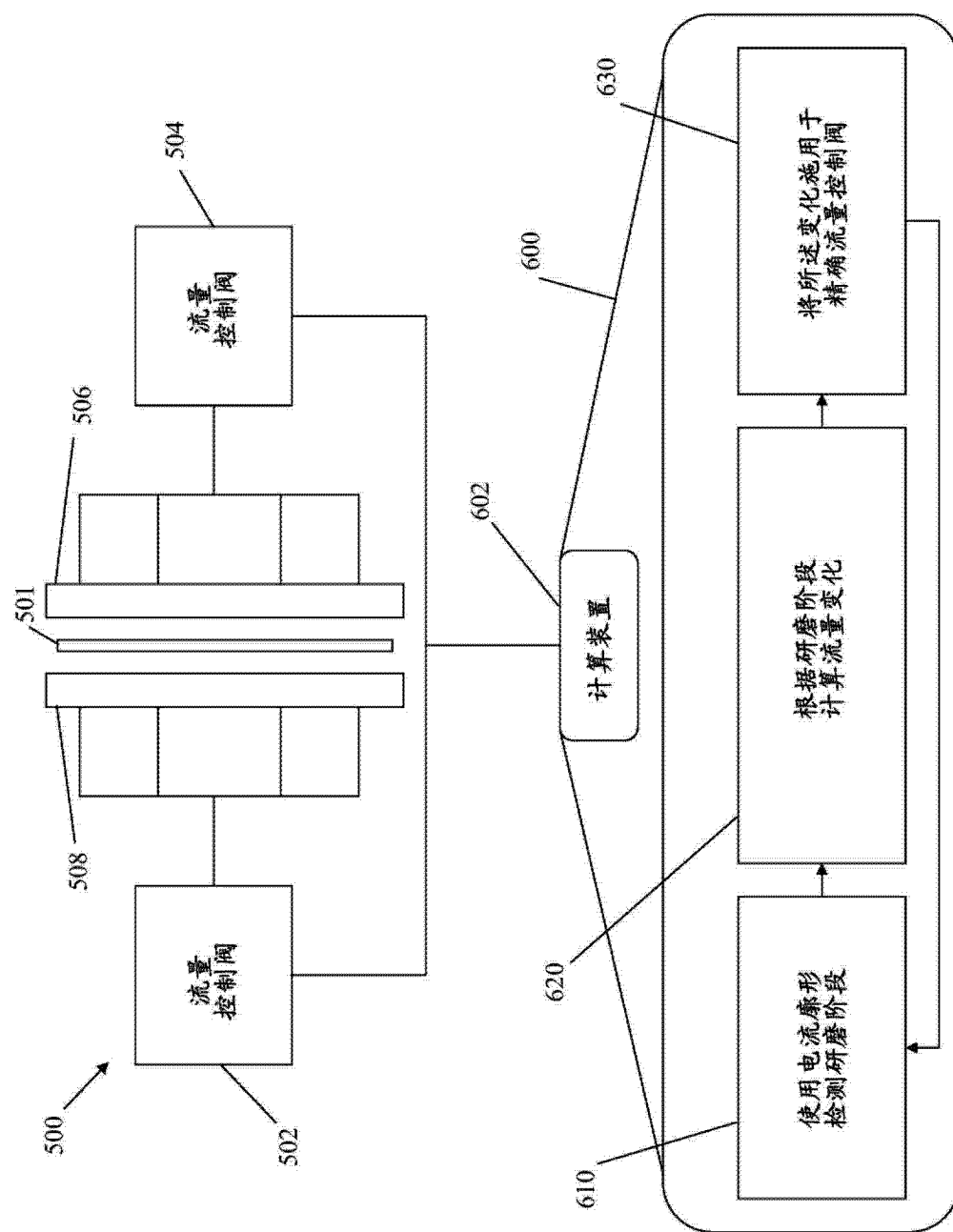


图 29

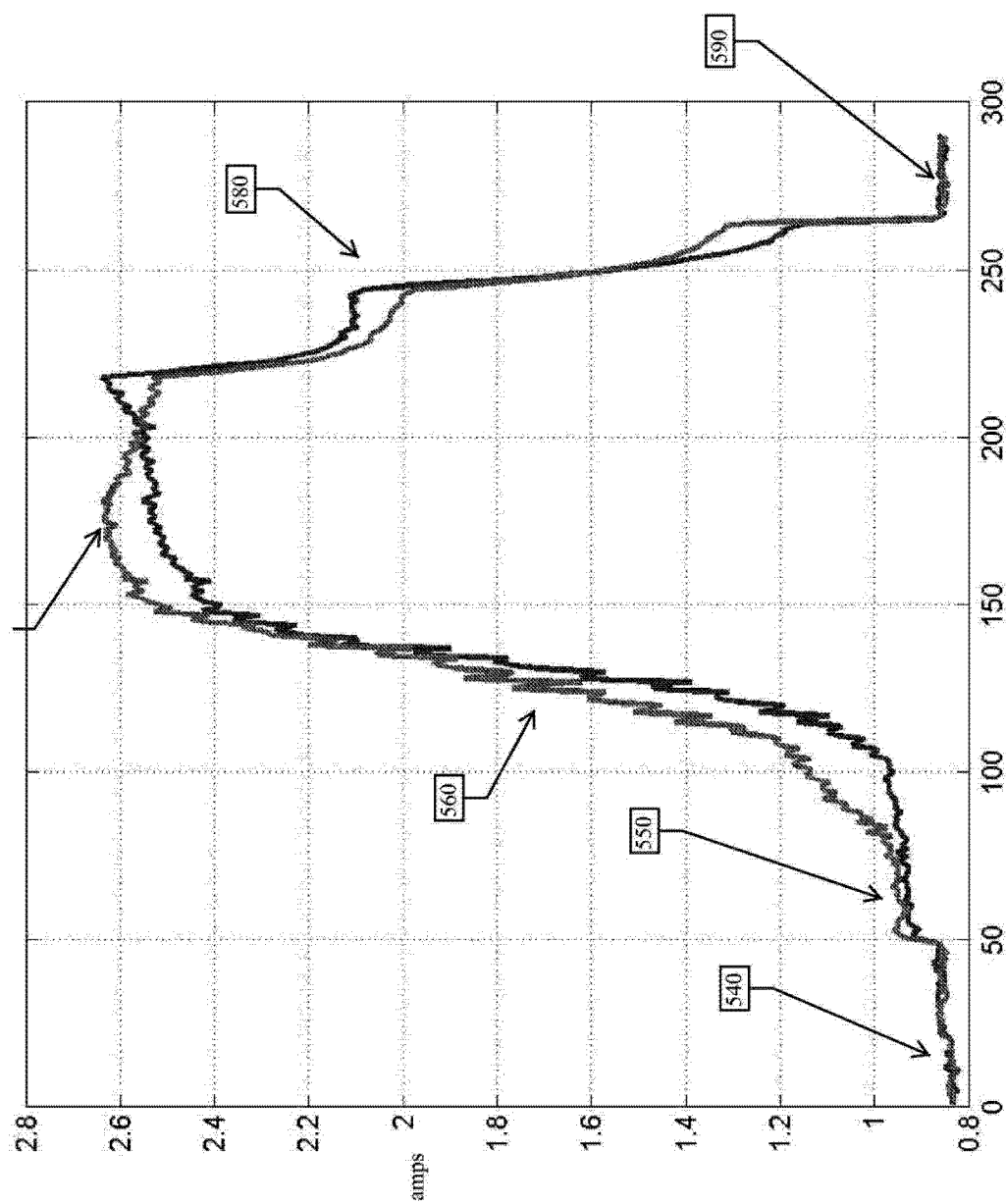


图 30

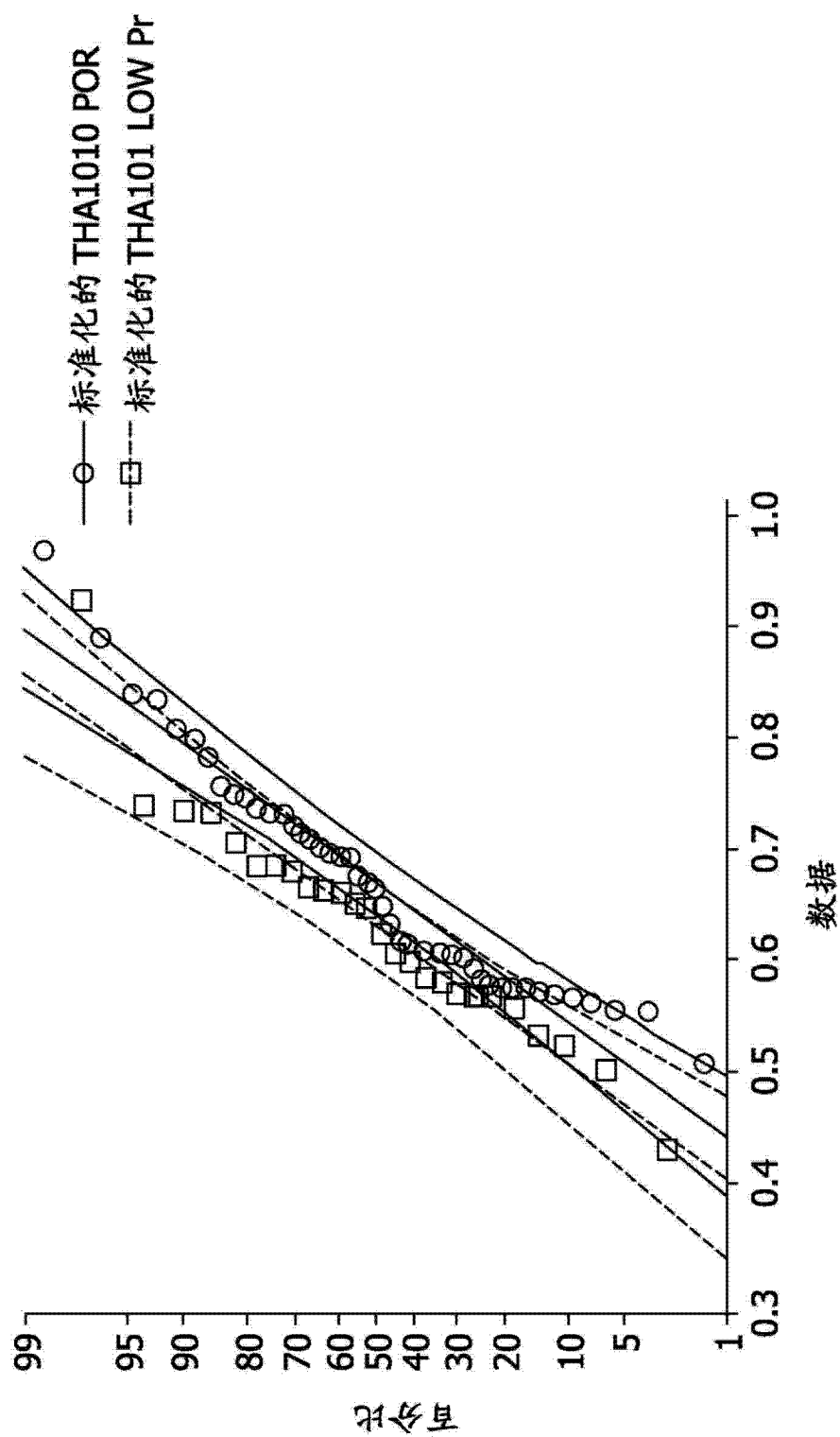


图 31

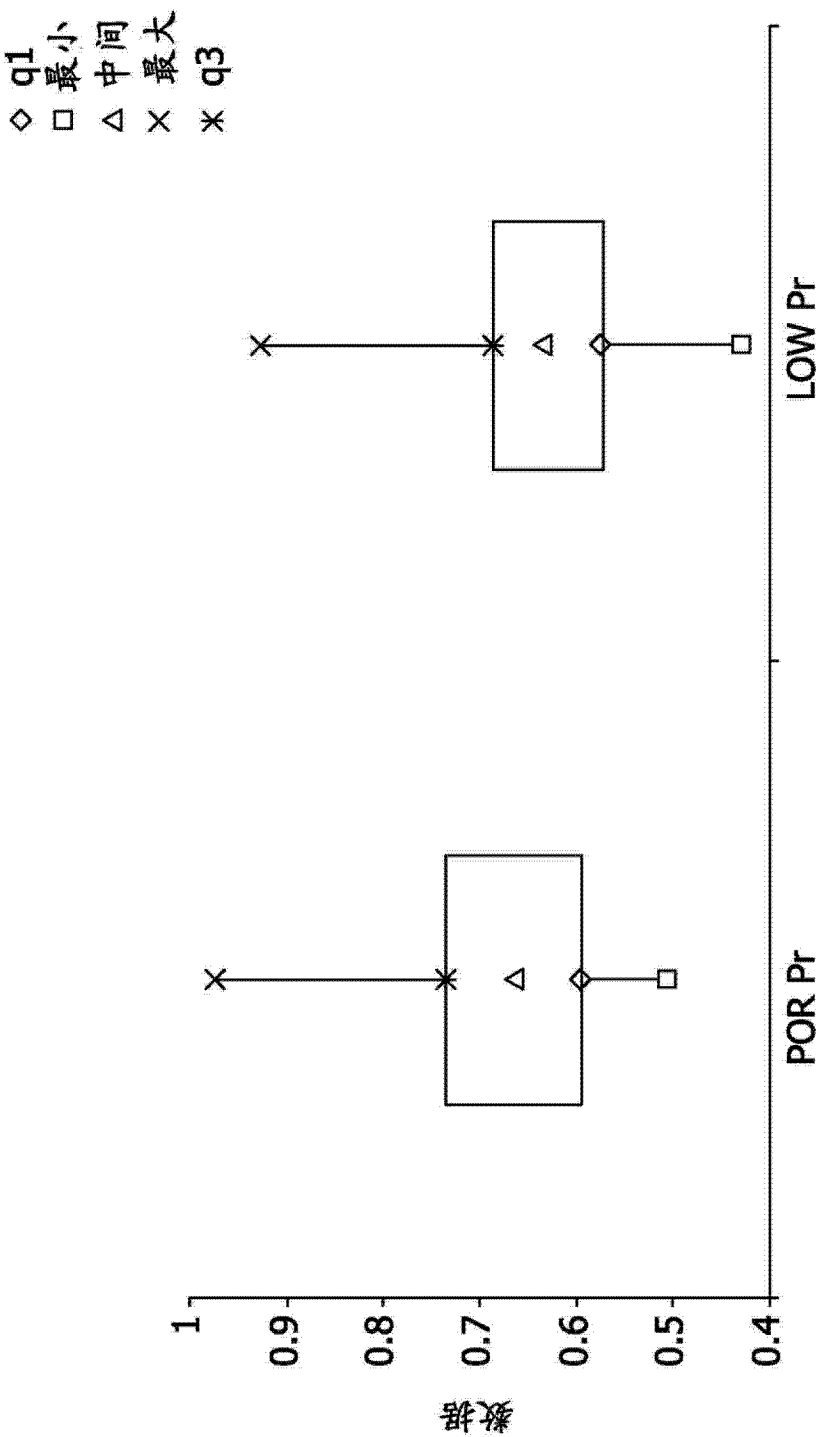


图 32