



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102803564 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 29

(21) 申请号 201080027509. 5

(22) 申请日 2010. 06. 21

(30) 优先权数据

12/491, 213 2009. 06. 24 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 12. 20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/039396 2010. 06. 21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/151513 EN 2010. 12. 29

(73) 专利权人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 卡特里娜·米哈利钦科

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

代理人 李献忠

(51) Int. Cl.

G23G 1/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006/0213536 A1, 2006. 09. 28, 说明书第 22 段, 附图 1.

CN 102203230 A, 2011. 09. 28, 说明书第 83 段, 图 4E.

US 3819525, 1974. 06. 25, 全文.

US 4279752, 1981. 07. 21, 全文.

US 2006/0128590 A1, 2006. 06. 15, 全文.

审查员 原霞

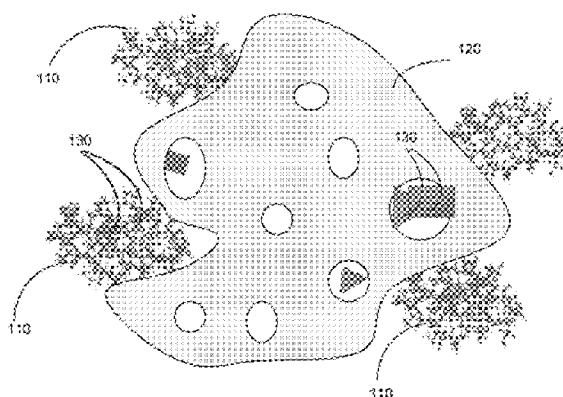
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

无损坏高效颗粒移除清洁

(57) 摘要

从半导体衬底表面移除污染物的系统、方法和装置, 其包括施加清洁材料。所述清洁材料包括清洁溶液和分散于所述清洁溶液的多个微米大小的干聚乙烯醇颗粒。所述清洁溶液为由长聚合链组成的并表现明显的粘弹性的单相聚合物。所述多个微米大小的干聚乙烯醇颗粒吸收所述清洁溶液中的液体并均匀地悬浮在所述清洁材料中。所述悬浮的聚乙烯醇颗粒与半导体衬底表面上污染物的至少一部分相互作用, 以从衬底表面释放并移除污染物。释放后的污染物被俘获在所述清洁材料中并与所述清洁材料被移除, 留下基本干净的衬底表面。



1. 从半导体衬底表面移除污染物的清洁材料,其包括:

具有粘弹性的清洁溶液,所述清洁溶液为带有分子量大于 10000g/mol 的长聚合链的聚合物、去离子水和一种或多种添加剂的单相混合物;以及

多个聚乙烯醇(PVA)颗粒,其分散于所述清洁溶液中以形成清洁材料,所述聚乙烯醇颗粒的大小为 0.5 微米至 200 微米,其中所述聚乙烯醇颗粒吸收所述清洁溶液的液体并均匀悬浮在所述清洁材料中,并且所述聚乙烯醇颗粒以 0.1wt% 至 20wt% 的量存在;

其中均匀悬浮在清洁材料中的所述聚乙烯醇颗粒与所述污染物的至少一部分相互作用以从所述衬底表面释放所述污染物,且其中所释放的所述污染物被俘获在所述清洁材料中。

2. 根据权利要求 1 所述的清洁材料,其中所述 PVA 颗粒包括多个孔,所述孔的大小变化以所述 PVA 颗粒的化学成分为基础。

3. 根据权利要求 1 所述的清洁材料,其中从所述衬底表面释放的所述污染物被捕获在悬浮在所述清洁材料中的所述 PVA 颗粒的所述多个孔中。

4. 根据权利要求 1 所述的清洁材料,其中从所述衬底表面释放的所述污染物被捕获在所述清洁材料的所述长聚合链中。

5. 根据权利要求 1 所述的清洁材料,其中所述 PVA 颗粒由弹性系数限定,所述弹性系数提供所述 PVA 颗粒弹性以在施加所述清洁材料期间变形和恢复形状。

6. 根据权利要求 1 所述的清洁材料,其中所述 PVA 颗粒在所述清洁溶液中的悬浮通过由所述 PVA 颗粒吸收所述清洁溶液中的水成分、所述 PVA 颗粒膨胀且所述 PVA 颗粒被俘获在所述清洁溶液的长聚合链中形成,在与所述污染物相互作用时被俘获的所述 PVA 颗粒充当软微刷,从而阻止对形成在所述衬底表面上的特征的损坏。

7. 根据权利要求 1 所述的清洁材料,其中由于在施加到所述衬底表面的所述清洁材料上施加力,所述 PVA 颗粒与所述清洁材料一起在形成于所述衬底上的半导体设备周围变形,在相互作用期间所述 PVA 颗粒提供额外的剪切力以从所述衬底表面移除所述污染物而不导致所述特征的机械损坏。

8. 根据权利要求 1 所述的清洁材料,其中所述 PVA 颗粒包括多个孔,悬浮在所述清洁材料中的所述 PVA 颗粒的大小由所述孔的大小确定,以致所述 PVA 颗粒的大小大于相应的所述孔以便维持所述 PVA 颗粒的结构完整性与功能性。

9. 根据权利要求 8 所述的清洁材料,其中所述 PVA 颗粒的大小在 20 微米到 200 微米之间。

10. 根据权利要求 1 所述的清洁材料,其中所述清洁材料由具有 1% 到 5% 重量百分比范围的 PVA 颗粒组成。

11. 根据权利要求 1 所述的清洁材料,其中所述清洁材料由具有 0.1% 到 20% 重量百分比范围的 PVA 颗粒组成。

12. 根据权利要求 1 所述的清洁材料,其中所述 PVA 颗粒的大小在 45-150 微米到 1000-1180 微米的范围内。

13. 从半导体衬底表面清洁污染物的装置,其包括:

衬底支承装置,其沿着平面接收、托持和运送所述衬底;以及

清洁材料分配器,其用于施加清洁材料到所述半导体衬底表面,其中所述清洁材料分

配器包括连接于清洁化学品存储单元的分配臂,所述分配臂是位置能被移动到以便施加清洁材料到半导体衬底表面的可移动臂,其中所述清洁材料包括:

具有粘弹性的清洁溶液,所述清洁溶液为带有分子量大于 10000g/mol 的长聚合链的单相聚合物;

多个聚乙烯醇 (PVA) 颗粒,其分散于所述清洁溶液中以形成清洁材料,所述聚乙烯醇颗粒的大小为 0.5 微米至 200 微米,其中所述聚乙烯醇颗粒吸收所述清洁溶液的液体并均匀悬浮在所述清洁材料中,并且所述聚乙烯醇颗粒以 0.1wt% 至 20wt% 的量存在;

其中均匀悬浮在所述清洁材料中的所述聚乙烯醇颗粒与所述污染物的至少一部分相互作用以从所述衬底表面释放所述污染物,且其中所释放的所述污染物被俘获在所述清洁材料中。

14. 根据权利要求 13 所述的装置,其中所述清洁材料分配器为带有输送孔以分配所述清洁材料的邻近头,所述分配头的输送孔大小大于所述 PVA 颗粒的大小以能施加所述清洁材料到所述衬底表面。

15. 根据权利要求 14 所述的装置,其中所述配送孔的大小在 0.875mm 到 10mm 之间。

16. 根据权利要求 14 所述的装置,其中所述半导体衬底在所述邻近头下面运动,所述半导体衬底的运动在所述清洁材料和所述衬底表面之间引入了剪切力,所述清洁材料中的所述 PVA 颗粒提供额外的剪切力来从所述衬底表面释放所述污染物。

17. 根据权利要求 13 所述的装置,其中所述清洁材料分配器为喷射器。

无损坏高效颗粒移除清洁

技术领域

[0001] 本发明大体涉及半导体衬底处理,尤其涉及使用专门化学配方提供高效无损坏颗粒移除清洁的系统和方法。

背景技术

[0002] 半导体设备是通过各种制造操作得到的。在各种制造操作期间,衬底会暴露于各种污染物,包括在制造操作中使用的任何材料或化学品。在诸如刻蚀、淀积等各种制造操作中使用的化学品在衬底表面上形成的半导体设备上或其周围留下了微粒或聚合物残渣污染物。颗粒污染物的大小为关键尺寸的量级或者大于衬底表面上制造的设备特征的关键尺寸。当半导体设备的尺寸变得越小,从衬底表面移除颗粒而不导致其上形成的设备损坏就变得越难。

[0003] 在某些实施方式中,将机械能用于从衬底表面移除污染物。然而,应用机械能导致半导体设备塌陷是常识。人们已经知道,新半导体衬底处理构思使用专门化学配方从衬底表面去掉污染物会导致半导体设备最小的损坏。通过专门的化学配方,颗粒移除效率(PRE)取决于如何向衬底表面施加和从衬底表面移除化学配方。专门化学配方的选择主要取决于衬底的种类和所需移除颗粒的种类。使用专门配方的典型PRE值达到了约90%。虽然这是较高的PRE值,但应懂得在清洁操作后衬底上留下了剩余10%的污染物。这10%的颗粒污染物可以导致重大的产量下降,因此,必须在后续过程操作前将其移除。

[0004] 前述PRE值反映了在完善的清洁环境下的最佳结果。现实中,PRE值可以比前述估计低得多(如40-50%那么低)而导致剩余成千上万的污染物在衬底表面,可能导致重大的产量损失。

[0005] 考虑到前面所述,需要从衬底表面移除污染物的更有效的清洁技术,同时保持半导体设备结构的完整性。正是在这种背景下,本发明的实施方式出现了。

发明内容

[0006] 一般说来,实施方式通过提供改进了的衬底清洁技术满足需要,该清洁技术移除衬底表面的污染物而形成在衬底表面的设备特征没有机械损坏。该衬底清洁技术利用的清洁材料包括分散在清洁溶液中的干PVA颗粒。通过浸在清洁溶液中,PVA颗粒吸收水并且PVA材料被水解。当将清洁材料施加到衬底表面时,PVA颗粒与污染物相互作用并施加额外的剪切力以破坏污染物与衬底表面之间的结合。清洁溶液的长链聚合物与PVA颗粒俘获释放(release)的污染物。所俘获的污染物与清洁材料一起被从衬底表面移除,留下基本干净的衬底表面。PVA颗粒为小的微米大小的颗粒,其充当微刷轻轻作用以使污染物从衬底表面释放。PVA颗粒如海绵的柔软性质发挥作用以轻轻移除污染物,而不会影响邻近的特征和设备。颗粒的微米尺寸大小能使清洁材料到达紧密形成的特征之间区域并移除污染物,形成基本干净的衬底表面。

[0007] 应该领会到本发明能够以多种方式实施,包括以材料(或者溶液)、方法、过程、装

置或者系统实施。以下描述了本发明的若干创造性实施方式。

[0008] 在一个实施方式中,提供了从半导体衬底表面移除污染物的清洁材料。所述清洁材料包括清洁溶液和分散在清洁溶液中的多个微米尺寸大小的干聚乙烯醇 (PVA) 颗粒。所述清洁溶液表现出明显的粘弹性。所述清洁溶液为单相的由长聚合链组成的聚合物 (polymeric compound)。所述多个微米大小的干聚乙烯醇颗粒吸收所述清洁溶液中的液体,并且均匀地悬浮在所述清洁材料中。所述悬浮的 PVA 颗粒与所述半导体衬底表面上的至少一部分污染物相互作用并从所述衬底表面释放和移除所述污染物。所释放的污染物被俘获在所述清洁材料中。

[0009] 在另一实施方式中,提供了清洁半导体衬底表面污染物的装置。所述装置包括衬底支持装置,以沿平面接收、托持并运送半导体衬底。所述装置还包括清洁材料分配器,以施加清洁材料清洁衬底表面的污染物。所述清洁材料包含清洁溶液和多个分散在所述清洁溶液中的微米尺寸大小的聚乙烯醇 (PVA) 颗粒。所述清洁溶液为表现明显的粘弹性的带有长聚合链的单相聚合物。所述干 PVA 颗粒吸收所述清洁溶液中的液体,并且均匀地悬浮在所述清洁材料中。所述悬浮的 PVA 颗粒与至少一部分污染物相互作用,以从所述衬底表面释放污染物。所释放的污染物被俘获在所述清洁材料中,留下基本干净的衬底表面。

[0010] 在又一实施方式中,提供了从半导体衬底表面移除污染物的方法。所述方法包括将所述半导体衬底放置在清洁装置中。分配清洁材料以清洁所述衬底表面的污染物。所述清洁材料包含清洁溶液和分散在所述清洁溶液中的多个微米尺寸大小的干聚乙烯醇 (PVA) 颗粒。所述清洁溶液为表现粘弹性的带有长聚合链的单相聚合物。所述干 PVA 颗粒吸收所述清洁溶液中的液体,并且均匀地悬浮在所述清洁材料中。所述多个悬浮的 PVA 颗粒与所述半导体衬底表面上的至少一部分污染物相互作用,以从所述衬底表面释放污染物。所释放的污染物被俘获在所述清洁材料中。

[0011] 通过结合附图及以举例方式阐述本发明原理的下述具体描述,本发明的其他方面及优点将变得清晰。

附图说明

[0012] 结合附图通过参照以下描述,将容易理解本发明。不应该拿这些附图将本发明限制为优选的实施方式,这些附图仅仅是用于解释和理解的目的。相同的参考标号代表相同的结构元件。

[0013] 图 1 示出在本发明的一个实施方式中,用于移除衬底表面污染物的清洁材料的简化物理图。

[0014] 图 2A 示出了在本发明一个实施方式中,将清洁材料施加到衬底表面时的简化物理图。

[0015] 图 2B 示出了根据本发明一个实施方式,与衬底表面污染物接触的 PVA 颗粒的放大图。

[0016] 图 2C 示出了在本发明一个实施方式中,污染物陷入 PVA 颗粒的放大图。

[0017] 图 3 示出了在本发明一个实施方式中,用于从衬底表面移除污染物的清洁溶液的示范性聚合链。

[0018] 图 4 示出了根据本发明一个实施方式,清洁衬底表面污染物装置的原理图。

[0019] 图 5 示出了在本发明的一个实施方式中,用于清洁衬底表面污染物装置的替换实施方式。

[0020] 图 6 示出了在本发明的一个实施方式中,使用标准清洁材料与加强的清洁材料的颗粒移除效率 (PRE)。

[0021] 图 7 示出了根据本发明的一个实施方式,在将加强的清洁材料施加到衬底表面操作中使用的流程图。

具体实施方式

[0022] 现在将描述在清洁操作期间,从衬底表面高效移除污染物并增加颗粒移除效率而没有损坏的若干实施方式。然而,对本领域技术人员来说,显然没有这些具体细节的某些或全部也可以实施本发明。另一方面,并没有详细描述公知的过程操作以免不必要地模糊本发明。

[0023] 从衬底表面有效移除污染物有助于保持形成在衬底表面上的特征的功能与形成的半导体设备的功能。移除更小技术节点的颗粒而没有机械损坏变得越来越难。在本发明的一个实施方式中,使用了加强的清洁材料清洁衬底表面。该清洁材料包括由带有长聚合链的聚合物组成的清洁溶液。该清洁溶液表现明显的粘弹性。多个微米大小的干 PVA 颗粒被分散在清洁溶液中以形成清洁材料。PVA 颗粒吸收来自清洁溶液的液体并均匀地悬浮在清洁溶液中。当将清洁材料施加到衬底表面时,PVA 颗粒与污染物相互作用以从衬底表面释放污染物。所释放的污染物被俘获在所述清洁材料中并与清洁材料一起被移除,留下基本干净的衬底表面。

[0024] 惯用的衬底清洁装置和方法包括利用机械力从衬底表面移除微粒的刷和垫。对于窄宽度和高深宽比的先进技术,由刷和垫施加的机械力会损坏设备结构。另外,粗糙的刷和垫也可能在衬底表面上导致划痕。利用空化气泡和声流清洁衬底的清洁技术,诸如兆声 (megasonic) 清洁和超声 (ultrasonic) 清洁,也会损坏脆弱的结构。使用喷射器 (jet) 和喷雾器 (spray) 的清洁技术会导致膜的侵蚀,并也会损坏脆弱的结构。某些清洁材料包括在清洁材料中的研磨固体以辅助清洁。对于具有细微特征的先进技术,清洁材料中的研磨固体会导致设备结构的损坏。

[0025] PVA 颗粒的小尺寸能使清洁材料从衬底表面和特征移除污染物颗粒,而对特征和衬底表面没有造成机械损坏。进一步地,PVA 颗粒吸收清洁溶液中的液体并均匀地悬浮在清洁溶液的聚合链中。PVA 颗粒如软微刷那样作用,施加额外的能量到衬底表面并促使污染物和衬底表面之间的结合破裂,从而使污染物释放而没有损坏附近形成的特征。所释放的污染物被俘获在清洁溶液的长聚合链或 PVA 颗粒中。所俘获的污染物和清洁材料一起被移除。PVA 颗粒提供了额外的颗粒移除机制,其与清洁溶液表现的通常颗粒移除机制并行作用,因而提高了衬底表面的颗粒移除效率。

[0026] 图 1 示出了用于从衬底表面移除污染物的清洁材料 100 的物理图。清洁材料 100 包括清洁溶液 110 和多个微米尺寸大小的 PVA 颗粒 120。清洁溶液由表现明显粘弹性的带有长聚合链的聚合物组成。在一个实施方式中,清洁溶液为单相化合物。清洁溶液的长聚合链提供了捕获和俘获污染物与 PVA 颗粒的独特能力。关于能被用于清洁溶液的聚合物种类的细节,可以参考 2008 年 6 月 2 日申请的、名称为 “Materials for Particle

Removal by Single-Phase and Two-Phase Media”的美国专利申请 (12/131,654) (Atty. Docket NO. LAM2P628A), 2008 年 6 月 2 日申请的、名称为“Methods for Particle Removal by Single-Phase and Two-Phase Media”的美国专利申请 (12/131,660) (Atty. Docket NO. LAM2P628C), 2008 年 6 月 2 日申请的、名称为“Apparatus for Particle Removal by Single-Phase and Two-Phase Media”的美国专利申请 (12/131,667) (Atty. Docket NO. LAM2P628G), 2008 年 6 月 30 日申请的、名称为“Single Substrate Processing Head for Particle Removal Using Low Viscosity Fluid”的美国专利申请 (12/165,577), 以及 2008 年 11 月 7 日申请的、名称为“Compositions of a Cleaning Material for Particle Removal”的美国专利申请 (12/267,345) (Atty. Docket NO. LAM2P644)。为了各种目的, 将这些相关申请中每一个的公开内容通过引用合并于此。

[0027] 多个微米大小的干 PVA 颗粒分散在清洁溶液中。PVA 颗粒性质上如同海绵, 且包括多个孔 130。PVA 颗粒由弹性系数 K 定义, 从而使得 PVA 颗粒在清洁操作期间能提供弹性。相应地, PVA 颗粒在被压到材料上时能失去其形态, 但在 PVA 颗粒从材料移走时恢复其形态。PVA 颗粒的大小由 PVA 颗粒的性质和成分确定。在一个实施方式中, PVA 颗粒的大小为相应 PVA 颗粒中相应孔的大小的量级。当分散在清洁溶液中时, PVA 颗粒吸收清洁溶液中的液体, 尺寸膨胀并被俘获在清洁溶液的长聚合链的限制范围 (confine) 中。

[0028] 在混合入干 PVA 颗粒之前, 清洁溶液的粘度明显不同且高于去离子水 (DIW) 的粘度。这是因为在将 PVA 颗粒加到 DIW 或与 DIW 表现相似粘度的化学品时, PVA 颗粒吸收水并正好沉淀在容器的底部, 结块并聚集在一起。在本发明中, 用于悬浮 PVA 颗粒的清洁溶液的高粘度阻止了 PVA 颗粒的沉淀。

[0029] 形成的清洁材料包括均匀悬浮的 PVA 颗粒, 如图 1 所示。清洁溶液提供了介质, 通过该介质 PVA 颗粒被带到与衬底表面上的污染物极为贴近的位置, 以便 PVA 颗粒能与污染物相互作用并使污染物从衬底表面释放。

[0030] 在一个实施方式中, 清洁材料是通过在聚合清洁溶液中混合重量百分比为约 0.1% 到约 20% 的微米大小的干 PVA 颗粒制备的。在另一实施方式中, 干 PVA 颗粒与聚合物的重量百分比在约 1% 到约 5% 之间。在一个实施方式中, 干 PVA 颗粒的大小范围为约 20 微米到约 200 微米。在另一实施方式中, 干 PVA 颗粒的大小范围为约 1 微米到约 200 微米。因为 PVA 颗粒悬浮在清洁溶液中, 所以它们吸收水并且尺寸增大。

[0031] 使用力来施加清洁材料。该力可以与清洁材料在衬底表面的分配相关联。在一个实施方式中, 先进机械清洁 (AMC) 技术被用于将清洁材料施加到衬底表面。示范的使用 AMC 技术清洁衬底的装置的细节可以在美国专利中找到, 该专利申请号为 12/165,577, 申请日为 2008 年 6 月 30 日, 名称为“Single Substrate Processing Head for Particle Removal Using Low Viscosity Fluid”, 其全部内容通过引用并入本文中。在这个实施方式中, 清洁材料可以通过足够的力进行分配, 以便均匀地在衬底表面施加清洁材料。该力可以包括归因于衬底对应于清洁材料的施加的相对运动而产生的力。该力使 PVA 颗粒接近衬底表面上的污染物。PVA 颗粒充当杠杆并施加额外的剪切力于污染物以帮助从表面释放污染物。PVA 颗粒海绵状的柔软性质阻止损坏附近的特征和设备, 同时 PVA 颗粒像微刷那样作用在污染物上以基本将污染物释放。

[0032] 图 2A 到 2C 示出了在本发明的一个实施方式中, 从衬底表面移除污染物中使用的

机制。如图 2A 所示,使用清洁材料分配器(未示出)将带有分散在清洁溶液 110 中的 PVA 颗粒 120 的清洁材料施加到衬底 10 表面的一部分。衬底 10 的表面包括多个特征和设备(未示出)和多个污染物 130,在用于形成特征和设备的一个或更多个制造操作中,污染物 130 淀积在特征/设备的上表面上和特征之间中。通过诸如向下向力之类的力,清洁材料分配器分配清洁材料,力推动清洁材料到表面上导致 PVA 颗粒与表面上不想要的颗粒相互作用。除了施加的力,其他力,诸如衬底 10 相对于清洁材料分配器的相对运动所产生的力,可以作用于清洁材料。这些力与粘弹性一起能使清洁材料与至少一部分污染物相互作用,释放、俘获并移除衬底表面的污染物。

[0033] 除了清洁溶液的粘弹性用于体现颗粒移除效率外,悬浮在清洁溶液 110 的 PVA 颗粒 120 也帮助移除污染物 130。图 2B 和 2C 示出了 PVA 颗粒 120 在从衬底表面移除污染物 130 中的作用。如前面所述,微米大小的干 PVA 颗粒 120 使用来自清洁溶液 110 的液体水解并在尺寸上膨胀。水解且膨胀后的 PVA 颗粒 120 在清洁溶液 110 的长聚合链中悬浮形成均匀的粘性清洁材料。图 2B 和 2C 示出了 PVA 颗粒 120 和污染物 130 的放大图,以更好地理解污染物移除过程中 PVA 颗粒 120 的作用。向清洁材料施以剪切力,该力能使 PVA 颗粒 120 接近于污染物 130。因为 PVA 颗粒 120 接近于污染物 130,所以与 PVA 颗粒相关的弹性系数让 PVA 颗粒 120 符合污染物 130 的形状,如图 2B 中所示。PVA 颗粒进而充当杠杆施加额外的剪切力于污染物 130 以帮助从衬底表面释放污染物。一旦释放后,污染物 130 就陷入清洁材料的聚合链中。

[0034] 在本发明的一个实施方式中,PVA 颗粒 120 海绵状的性质使得其能捕获所释放的污染物 130。一旦捕获所释放的污染物 130,与 PVA 颗粒 120 关联的弹性系数能使变形的 PVA 颗粒 120 恢复其原始形态,如图 2C 所示。清洁材料施加的力和由衬底 10 表面提供的相对力帮助将污染物 130 和清洁材料一起从衬底 10 表面移除,留下基本干净的衬底表面。图 2A-2C 示出了范例的实施方式,其中单个 PVA 颗粒与单个污染物相互作用。应该注意到,单个 PVA 颗粒可以与多个污染物相互作用,将它们基本从衬底表面移除。

[0035] 图 3 示出了本发明的另一实施方式,其中清洁溶液 110 的长聚合链帮助将污染物 130 俘获。应当注意到,图 3 不是按比例绘制的。图 3 的绘制是为了示出使用俘获从衬底表面释放的污染物的俘获原理。进一步地,图 3 所示聚合链说明性地示出了在清洁过程中 PVA 颗粒 120 与污染物 130 的俘获且并不代表任何特别的化合物。实际的聚合物可以是更简单得多或者更复杂的有相似俘获构思的模型。如图 3 所示,当 PVA 颗粒 120 被加入清洁溶液时,PVA 颗粒 120 从清洁溶液 110 吸收液体,膨胀并陷入在清洁溶液 110 的聚合链中。当带有 PVA 颗粒 120 的清洁材料被施加到衬底表面,施加的剪切力能使 PVA 颗粒与污染物 130 相互作用。通过与清洁溶液 110 的相互作用,一部分污染物 130 被释放。通过与 PVA 颗粒 120 的相互作用,留下的至少一部分剩余污染物 130 被移除。PVA 颗粒 120 充当微刷提供额外的力。PVA 颗粒 120 充当杠杆并使用该额外的力作用,从衬底表面释放剩余污染物 130 的一部分。如图 3 所示,某些被释放的污染物 130 被俘获在聚合链中,某些在 PVA 颗粒内的污染物进而被俘获在聚合链中。然后将污染物 130 和清洁材料一起从衬底表面移除。

[0036] 可以使用任何一种公知的用于清洁衬底表面的装置将清洁材料供应到衬底表面。在一个实施方式中,邻近头被用于分配清洁材料到衬底 10 的表面。根据本发明的一个实施方式,图 4 示出了一个这样的邻近头装置 200 用于清洁衬底 10。装置 200 包括形式为邻近

头的分配头 204a, 用于在衬底 10 的表面 15 上分配清洁材料。分配头 204a 包括将清洁材料输送到衬底表面的入口。入口的大小被配置为能容易施加清洁材料的大小。在一个实施方式中, 入口的大小在约 0.875mm 到约 1mm 之间。分配头 204a 联接于供应清洁材料到衬底表面的清洁材料储存器 231。在一个实施方式中, 分配头 204a 被保持接近衬底 10 的表面 15。使用邻近头清洁衬底的范例装置的细节可以在美国专利申请中找到, 该专利申请号为 12/165,577, 申请日为 2008 年 6 月 30 日, 名称为“Single Substrate Processing Head for Particle Removal Using Low Viscosity Fluid”, 通过引用其全部内容将其合并于此。

[0037] 为确保充分利用清洁溶液的粘弹性以提供最大的颗粒移除效率, 从晶片表面冲洗清洁溶液就应该以优选的方式实施。受限化学清洁 (C3) 头提供了将清洁介质从衬底表面移除的最有效方式。C3 头和清洁溶液的更多信息可以参考美国专利申请 (12/131,654) (Atty.Docket NO.LAM2P628A), 申请日为 2008 年 6 月 2 日, 名称为“Materials for Particle Removal by Single-Phase and Two-Phase Media”, 美国专利申请 (12/131,660) (Atty.Docket NO.LAM2P628C), 申请日为 2008 年 6 月 2 日, 名称为“Methods for Particle Removal by Single-Phase and Two-Phase Media”, 美国专利申请 (12/131,667) (Atty.Docket NO.LAM2P628G), 申请日为 2008 年 6 月 2 日, 名称为“Apparatus for Particle Removal by Single-Phase and Two-Phase Media”, 通过引用将这些申请结合于此。由 C3 头实现的 DIW 冲洗弯液界面提供了清洁溶液上的合力, 使颗粒由于液体的粘弹性而能从衬底表面移除。在弯液界面上具有两相流 (液体 + 空气) 对实现颗粒移除效率的最大化是关键。

[0038] 可选地, 装置也可以包括冲洗和干燥头 204b-1 以冲洗并干燥衬底 10 的表面 15。冲洗和干燥头 204b-1 联接于冲洗液储存器 232, 冲洗液储存器 232 提供了冲洗衬底表面 15 的冲洗液, 衬底表面 15 由分配头 204a 分配的清洁材料的膜所覆盖。此外, 冲洗和干燥头 204b-1 联接于废物储存器 233 和真空 234。废物储存器 233 接收并容纳带有从衬底表面 15 移除污染物的清洁材料与由冲洗和干燥头 204b-1 分配的冲洗液的混合物。

[0039] 在一个实施方式中, 在分配头 204a 与冲洗和干燥头 204b-1 下面, 使用衬底支承装置 (未示出) 接收、支承并运送衬底 10。当衬底在分配头 204a 下面运行时, 首先用清洁材料对其表面 15 进行处理。清洁材料被分配成薄膜以覆盖至少一部分衬底表面 15。然后使用由冲洗和干燥头 204b-1 分配的冲洗液冲洗并干燥衬底表面 15。清洁材料施加的力与衬底相对清洁材料的施加的相对运动生成能使 PVA 颗粒移动接近污染物并与污染物相互作用的剪切力。清洁材料中 PVA 颗粒充当软微刷提供额外的能量到衬底 10 的表面 15。PVA 颗粒充当杠杆在污染物上施加额外的能量在污染物上并帮助从衬底表面 15 释放污染物。

[0040] 替代地, 可以保持衬底 205 稳定 (静止), 且将分配头 204a 与冲洗和干燥头 204b-1 移动。与衬底移动的实施方式提到的一样, 由移动的分配头与冲洗和干燥头提供的额外力帮助 PVA 颗粒作用于污染物并将污染物从衬底表面释放。

[0041] 在一个实施方式中, 分配头 204a 与冲洗和干燥头 204b-1 属于单个系统。在此实施方式中, 衬底支承装置被用于首先在分配头 204a 下面移动衬底 10, 在分配头 204a 下面清洁材料被分配, 接着在冲洗和干燥头 204b-1 下面移动衬底 10, 在冲洗和干燥头 204b-1 下面冲洗液被分配并与清洁材料和污染物一起被移除。在另一实施方式中, 分配头 204a 与冲洗和干燥头 204b-1 属于两个单独的系统。在带有分配头 204a 的第一系统中, 通过在分配头

204a 下面移动衬底,清洁材料被分配在衬底 10 的表面 15 上。衬底然后被移动到具有冲洗干燥装置的第二系统。在一个实施方式中,冲洗和干燥装置为冲洗和干燥头 204b-1。实施方式不限于邻近头,而是可以包括分配清洁材料和冲洗液的其他装置。

[0042] 在一个实施方式中,除了供应清洁材料和冲洗液到衬底上表面的分配头 204a 与冲洗和干燥头 204b-1 外,可以提供额外的分配头和 / 或冲洗和干燥头来覆盖衬底 10 的下表面。图 4 示出了一种这样的实施方式。如图 4 所示,在表面 10 的下方提供了两个额外的冲洗和干燥头 204b-2 与 204b-3 来清洁衬底的下表面。在一个实施方式中,两个下部冲洗和干燥头 204b-2 与 204b-3 联接于相应的冲洗液储存器 232'、废物储存器 233' 和真空(泵)234',如图 4 所示。在另一实施方式中,下部冲洗和干燥头 204b-2 与 204b-3 中的每个联接于单独的冲洗液储存器、单独的废物储存器和单独的真空泵。在又一个实施方式中,结合的冲洗液储存器被用于供应冲洗液到衬底 10 的顶部和底部。相似地,结合的废物储存器和结合的真空泵可以为衬底的上表面和下表面提供废物容器和真空。

[0043] 如本领域公知的那样,各种清洁材料分配器 204a、冲洗和干燥头 204b-1、204b-2、204b-3 等的位置可以有各种变化。各种分配器与冲洗和干燥头的位置可以独立于彼此或者依赖于彼此的位置。

[0044] 图 5 示出了在一个替换的实施方式中,清洁化学品分配装置的示意图。分配装置 270 具有容纳衬底支承组件 272 的容器 271。衬底支承组件 272 具有支承衬底 10 的衬底支架 273。联接于清洁化学品存储单元(未示出)的分配臂 275 用于将清洁化学品提供于衬底 10 的表面。分配臂 275 包括分配出口,分配出口被配置为足够大以使施加清洁材料容易。衬底支承组件 272 联接于旋转装置 274 以旋转被支承在衬底支架 273 上的衬底。分配臂可以是位置能被移动到以便施加清洁材料到衬底表面的可移动臂。施加的合力与衬底的相对运动为 PVA 颗粒与污染物相互作用提供能量。由 PVA 颗粒提供的额外剪切力充当杠杆以从衬底表面脱离污染物。所脱离的污染物要么被捕获在 PVA 颗粒中,要么被俘获在清洁溶液的长聚合链中,并与清洁材料一起被移除。悬浮在清洁介质的 PVA 颗粒触及特征顶部上和在某些情况下特征之间里面的污染物颗粒,并且充当软微刷成功地作用在污染物上而不损坏附近形成的特征 / 设备,以便能实现彻底的清洁。

[0045] 在一个实施方式中,在清洁操作之后,用于供应清洁材料的分配臂也可以用于供应冲洗液到衬底表面。在该实施方式中,分配臂可以包括转换装置以转换清洁材料和冲洗液的供应。在可替换的实施方式中,第二分配臂可以用于供应冲洗液来冲洗并移除衬底表面 15 的清洁材料。

[0046] 以上实施方式描述了使用聚合清洁溶液,通过混合多个微米大小的 PVA 颗粒,提供增强清洁的清洁技术。PVA 颗粒在工业中作为清洁辅助成分是公知的。惯用的清洁技术在滚筒刷中使用 PVA 材料。使用 PVA 刷的最大缺点是给特征造成机械损坏。PVA 滚筒清洁是接触清洁方法。在清洁过程中,滚筒接触半导体衬底并提供压力到衬底。虽然该技术对从平面表面移除颗粒可能非常有效,但引入到特征的力经常给特征造成机械损坏,因此不能用于清洁具有几何形状(geometry)的衬底。在当前的实施方式中,PVA 颗粒陷入清洁溶液中的长聚合链的限制范围中。PVA 颗粒提供剪切力,该剪切力作用以克服污染物和衬底表面之间的结合力。本申请的主要优点是,由于分散在清洁材料清洁溶液中的 PVA 颗粒的大小,以及由于施加的力,所以清洁材料从衬底表面移除颗粒而没有机械损坏。PVA 颗粒成功

地作用以从表面脱离污染物。

[0047] 清洁溶液和合适 PVA 颗粒的选择以污染物的种类以及多个与设备 / 特征关联的处理参数为基础。处理参数可以通过分析形成特征 / 设备的各种制备层来获得。处理参数限定了污染物和每个设备 / 特征的特性。某些与每个特征 / 设备与污染物关联的处理参数包括种类、大小和成分中的一个或多个。当约 $0.5\ \mu\text{m}$ 到约 $200\ \mu\text{m}$ 大小的 PVA 颗粒以重量百分比为约 0.1% 到约 20% 分散在清洁溶液中, 并且使用约为 15-1500ml/min 的流率施加时, 会获得最佳的清洁效果。为获得最佳的清洁效果, 可以在室温下施加清洁材料。

[0048] 图 6 示出了在本发明的一个实施方式中, 颗粒移除效率 (PRE) 和清洁处理之后留下污染物的数量。通过在清洁溶液中混合约 1% 到约 20% 重量的 PVA 颗粒来制备清洁材料。PRE 通过使用颗粒监控衬底来测量, 颗粒监控衬底上特意淀积了各种大小的氮化硅颗粒。使用干净的硅衬底。氮化硅淀积在硅衬底上。在淀积后测量淀积在衬底上氮化硅颗粒的数量。然后首先用清洁材料清洁衬底, 并在清洁之后测量氮化硅颗粒的数量。接着使用下面被认同的标准公式计算 PRE。衬底 PRE 的计算是在清洁溶液的处理之后且在清洁材料的处理之后的, 其中清洁溶液通过在清洁溶液中分散 PVA 颗粒而增强。PRE 通过下面列出的等式 (1) 计算:

[0049]
$$\text{PRE} = (\text{清洁前计数} - \text{清洁后计数}) / \text{清洁前计数} \dots\dots\dots (1)$$
 扫描带有 SiN 的衬底来测量使用标准清洁溶液与增强清洁溶液的清洁前颗粒计数与清洁后颗粒计数, 以便比较增强清洁溶液在清洁上的效果。如图 6 可以看到的那样, 标准清洁溶液的 PRE 为约 85.8%, 与之相比增强清洁溶液的 PRE 为约 94%, 显然表明在从衬底表面移除污染物上增强清洁溶液更有效。在清洁材料中清洁溶液的聚合链和网状物帮助将从衬底表面释放的污染物捕获和俘获, 因而阻止了污染物淀积或重新淀积在衬底表面, 并且 PVA 颗粒在更有效清洁衬底表面的污染物上发挥了作用。

[0050] 根据本发明的一个实施方式, 图 7 示出了使用清洁材料清洁衬底的处理流程, 清洁材料中分散了多个微米大小的 PVA 颗粒。衬底为带有突出衬底表面的特征 / 设备的图案化衬底。如操作 710 所示, 处理从待清洁的衬底放置在清洁装置中开始。可以将衬底放置在衬底支承装置上, 衬底支承装置移动衬底通过清洁装置, 或者衬底支承装置静止而一个或更多个分配器相对衬底运动。在操作 720, 清洁材料被分配到衬底表面上。清洁材料包括具有明显粘弹性的清洁溶液。此外, 选择的清洁材料是具有长聚合链的单相聚合物。将多个微米大小的干 PVA 颗粒分散到清洁溶液中。干 PVA 颗粒吸收来自清洁溶液的液体, 膨胀并均匀地悬浮在清洁溶液的聚合链中。

[0051] 衬底清洁方法还包括施加力到 PVA 颗粒以将 PVA 颗粒带到衬底上现有的污染物附近, 以便在 PVA 颗粒和污染物之间发生相互作用。在一个实施方式中, 当将清洁材料分配到衬底表面上时, 在 PVA 颗粒上施加力。在另一实施方式中, 当将清洁材料分配在衬底表面上且当将冲洗液施加在衬底表面上时, 在 PVA 颗粒上施加力。在此实施方式中, 冲洗中在衬底表面上施加的力也帮助 PVA 颗粒更接近污染物以在 PVA 颗粒和污染物之间发生相互作用。

[0052] 在一个实施方式中, 衬底上清洁材料的流率是被控制的, 以便增强清洁材料施加的力来使 PVA 颗粒与污染物相互作用。只要有施加力到清洁材料 PVA 颗粒的装置, 以便 PVA 颗粒与要移除的污染物产生相互作用, 用于从衬底移除污染物的本发明方法就可以多种不同的方式实施。

[0053] PVA 颗粒充当软微刷提供额外的力。该额外的力能使 PVA 颗粒充当杠杆帮助污染物从衬底表面释放。被释放的污染物陷入 PVA 颗粒或清洁材料的长聚合链中。在操作 730，带有俘获污染物的清洁化学品被迅速从衬底表面移除，留下基本清洁的表面。

[0054] 在一个实施方式中，通过应用真空将带有俘获污染物的清洁材料移除。在另一实施方式中，冲洗液被分配并迅速从衬底表面移除。在冲洗液的移除中，带有污染物的清洁材料也被迅速地移除。在图案化衬底上要被移除的污染物实质上可以是任何种类的与半导体晶片制造过程相关的表面污染物，包括但不限于颗粒污染物、微量金属污染物、有机污染物、光刻胶残片、来自晶片输送设备的污染物、晶片斜角边缘污染物和晶片背面颗粒污染物。

[0055] 在将冲洗液用于移除带有污染物的清洁材料的实施方式中，冲洗液被认真选择以促进带有污染物的清洁材料的有效移除。在此实施方式中选择冲洗液以便所选冲洗液和其输送方法补充在清洁操作中使用的清洁材料。用于冲洗操作 730 的冲洗液可以是任何液体，诸如 DIW 或其它液体，其促进清洁材料的彻底移除而在衬底表面没留下任何化学残留。在一个实施方式中，冲洗液被施加通过受限化学清洁 (C3) 头。然而，为实现颗粒移除效率的最大化，可以有各种方式将冲洗液实施到晶片上。

[0056] 关于衬底支承设备的更多信息，诸如晶片载体，可以参考申请号为 11/743,516 的美国专利申请，其名称为“HYBRID COMPOSITE WAFER CARRIER FOR WET CLEAN EQUIPMENT”，申请日为 2007 年 5 月 2 日，被转让于本主题申请的受让人并通过引用将其合并于此。

[0057] 对于有关邻近头的更多信息，可以参考如美国专利 No. 6,616,772 描述的范例邻近头，其公开于 2003 年 9 月 9 日，名称为“METHODS FOR WAFER PROXIMITY CLEANING AND DRYING”。该美国专利被转让给该主题申请的受让人朗姆研究公司，通过引用将其合并于此。

[0058] 对于有关弯液面的更多信息，可以参考美国专利 No. 6,998,327，其公开于 2005 年 1 月 24 日且名称为“METHODS AND SYSTEMS FOR PROCESSING A SUBSTRATE USING A DYNAMIC LIQUID MENISCUS”，以及美国专利 No. 6,998,326，其公开于 2005 年 1 月 24 日且名称为“PHOBIC BARRIER MENISCUS SEPARATION AND CONTAINMENT”。这些美国专利被转让给该主题申请的受让人，为了各种目的通过引用其全部内容合并于此。

[0059] 对于有关顶部和底部弯液面的更多信息，可以参考如美国专利申请公开的范例弯液面，其申请号为 10/330,843，申请日为 2002 年 12 月 24 日，名称为“MENISCUS, VACUUM, IPA VAPOR, DRYING MANIFOLD”。该美国专利被转让于该主题申请的受让人朗姆研究公司，通过引用将其合并于此。

[0060] 虽然已经以若干实施方式的形式描述了本发明，但应该领会到通过阅读前面的说明书和研究附图，本领域的技术人员将认识到本发明的各种变化、附加、置换和等同方式。因此，本发明拟包括所有落入本发明真实精神和范围的这些变化、附加、置换和等同方式。在权利要求中，元件和 / 或步骤不意味着操作的任何特别顺序，除非其明确地陈述在权利要求中。

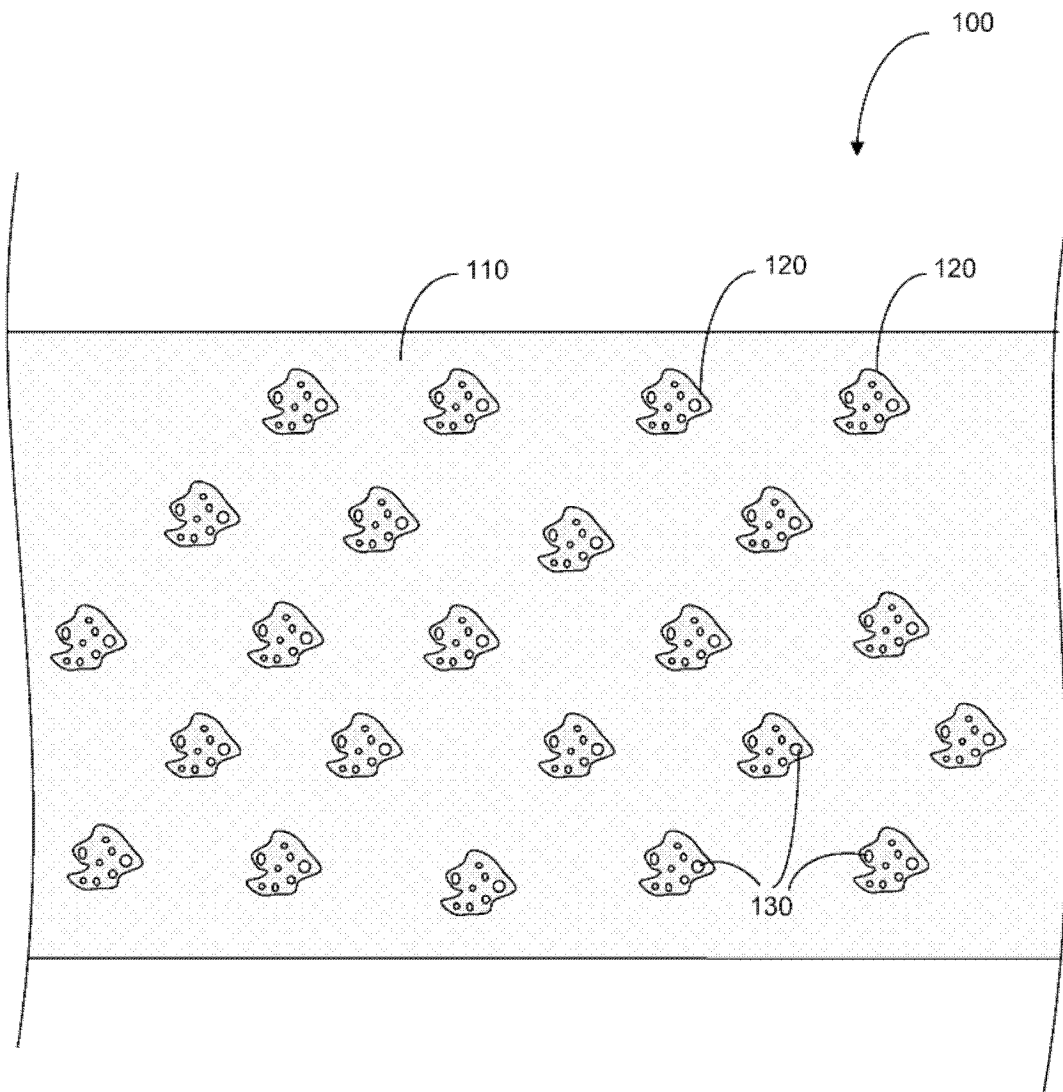


图 1

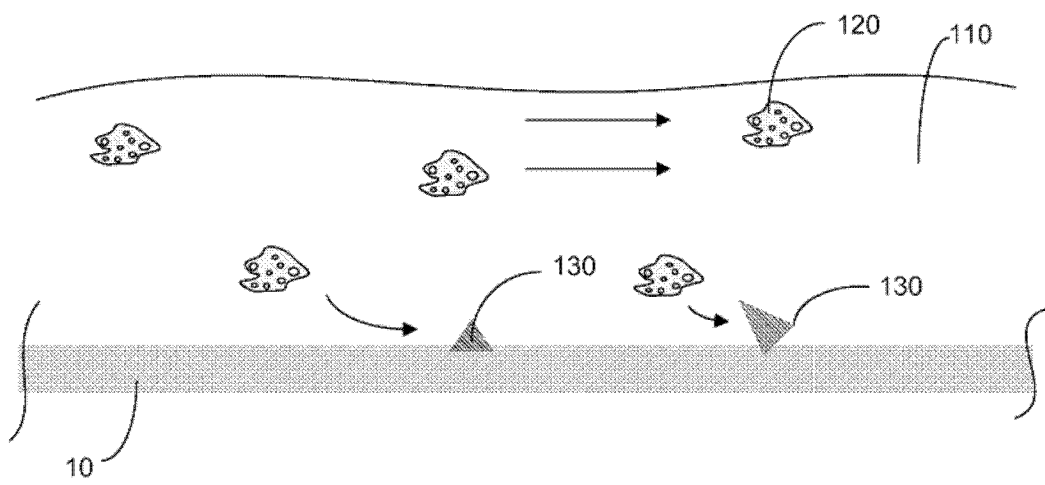


图 2A

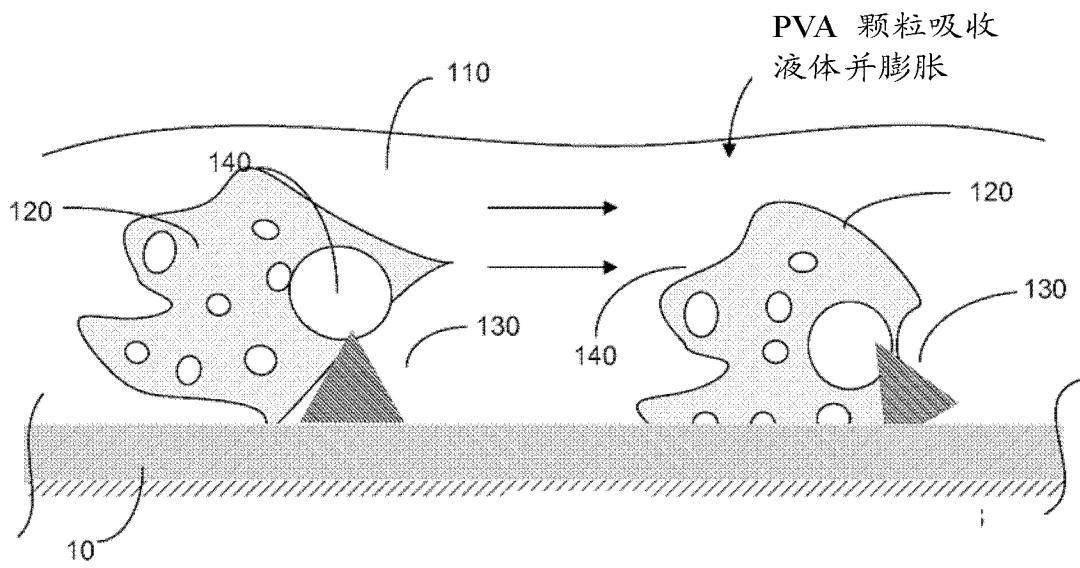


图 2B

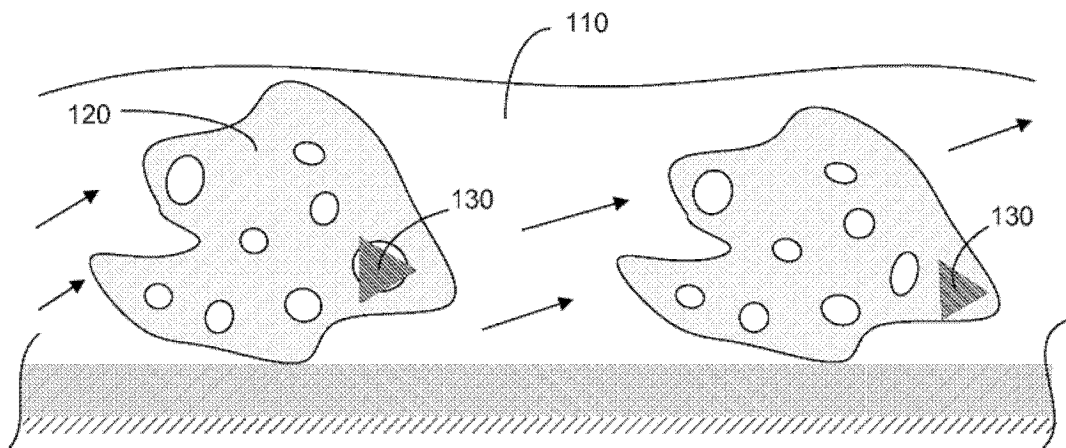


图 2C

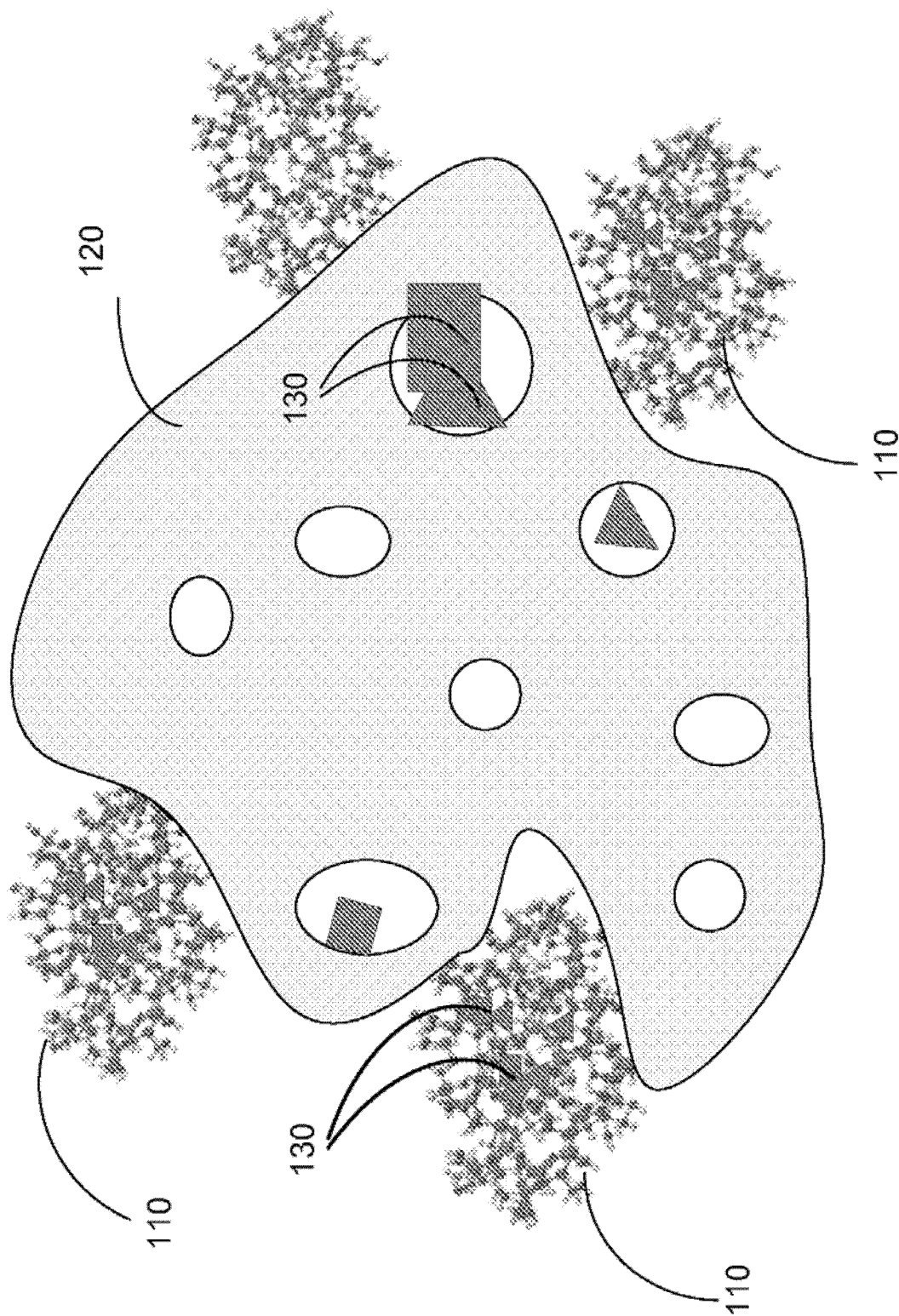


图 3

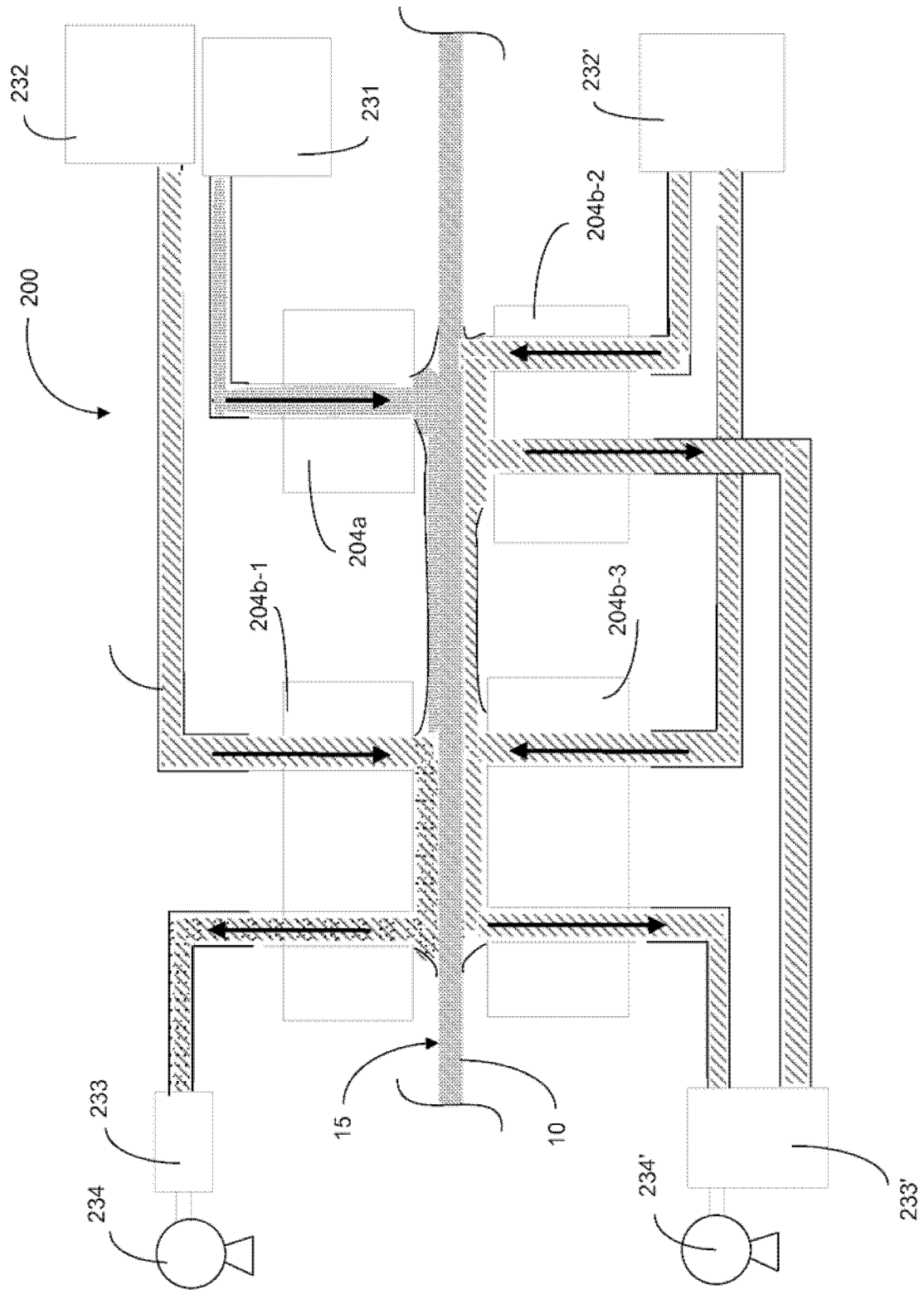


图 4

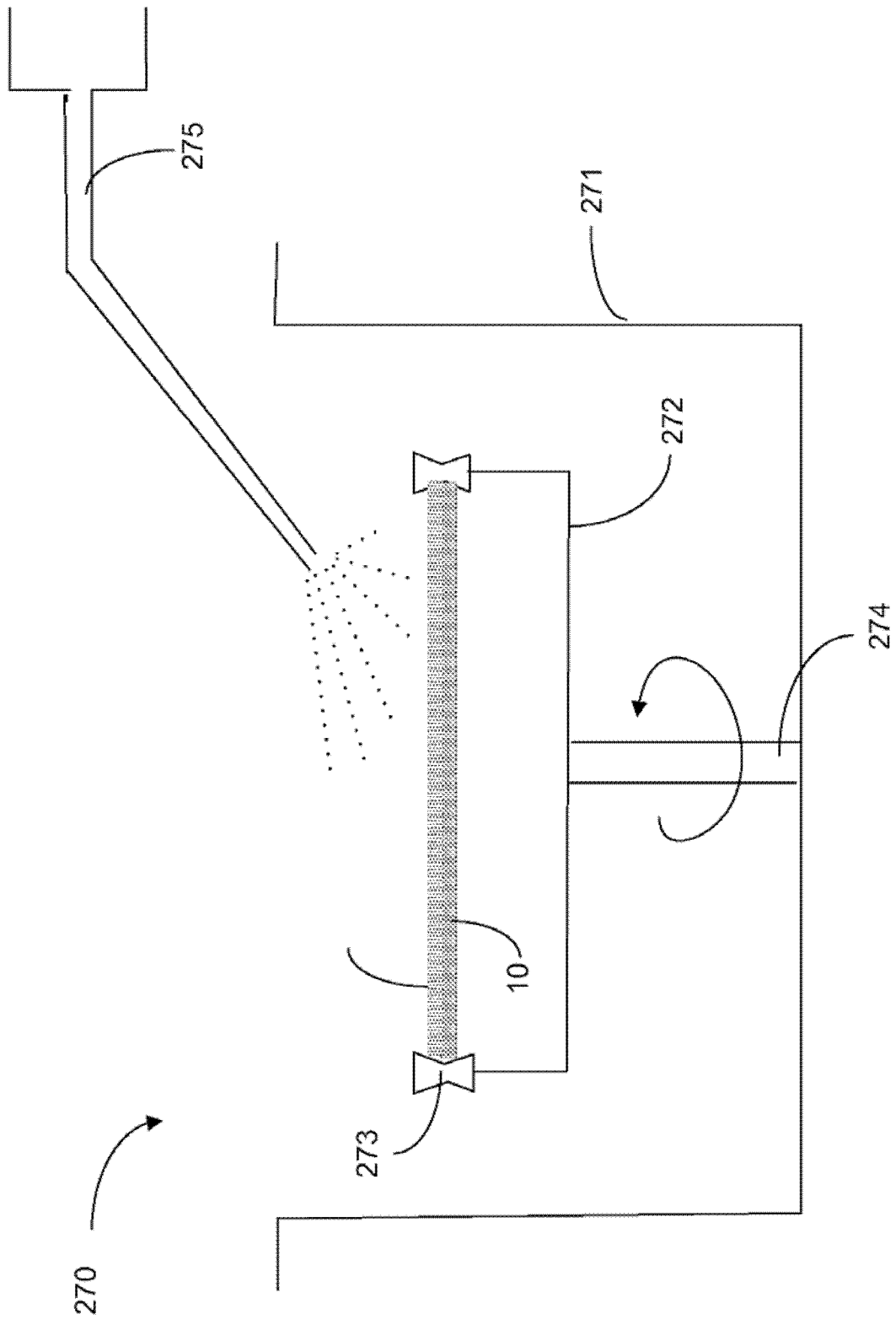


图 5

改进的 G2: 手倾 (Hand Pour)

标准的 G2

改进后的 G2 (带有 PVA 颗粒)

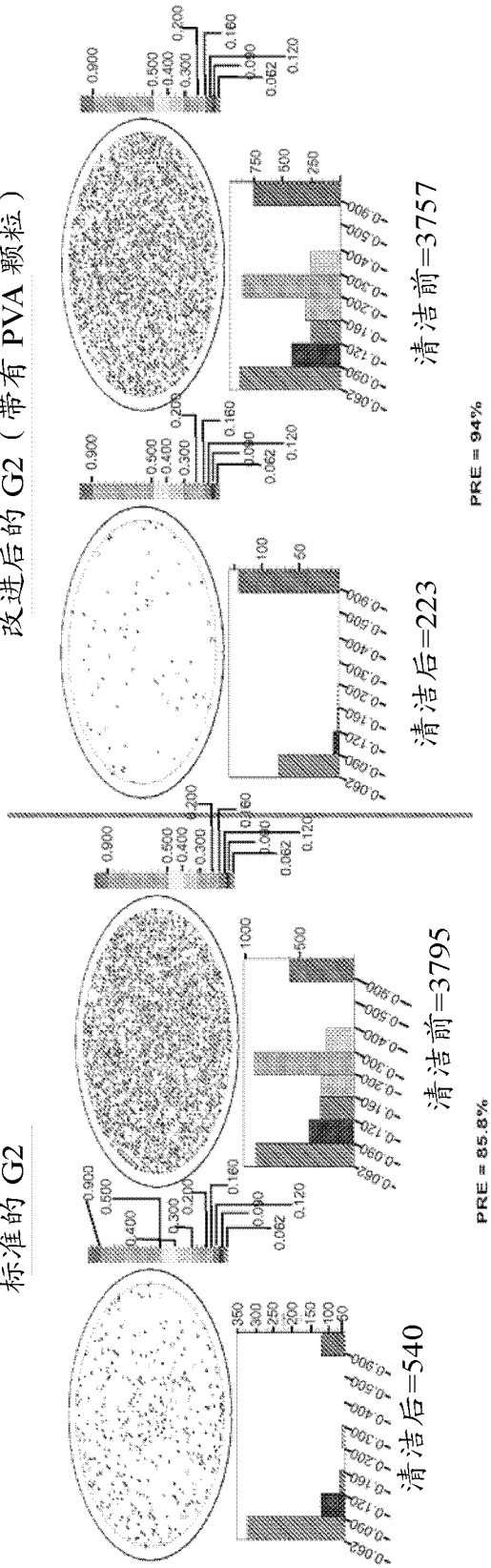


图 6

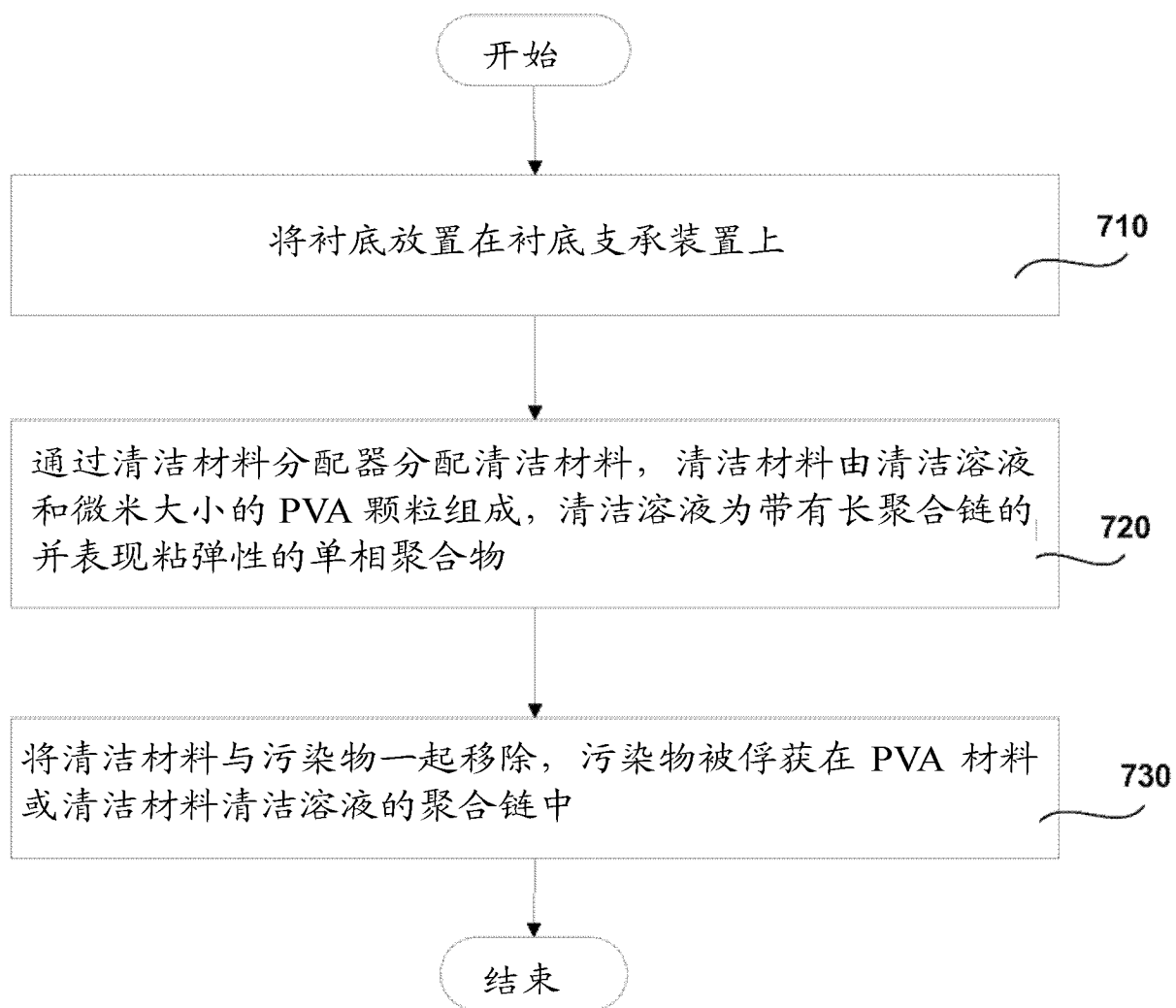


图 7