



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102197462 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 18

(21) 申请号 200980142376. 3

代理人 周文强 李献忠

(22) 申请日 2009. 10. 14

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

12/262, 094 2008. 10. 30 US

H01L 21/304 (2006. 01)

H01L 21/302 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 04. 26

审查员 杨春光

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/005638 2009. 10. 14

(87) PCT申请的公布数据

W02010/096041 EN 2010. 08. 26

(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 格兰特·彭 戴维·穆 希钟·科恩

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

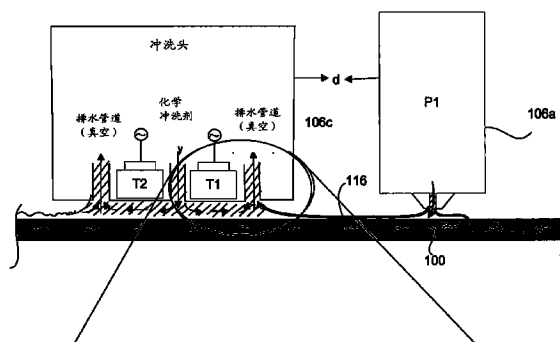
权利要求书4页 说明书14页 附图15页

(54) 发明名称

用于半导体晶圆制程的声辅助单晶圆湿式清洗

(57) 摘要

本发明提供的是用于清洗基板的方法,所述方法包括:将液体介质应用于所述基板的表面,从而使所述液体介质大体上覆盖所述基板的待清洗部分。一个或多个传感器被用来产生声能。产生的所述声能被应用于所述基板和所述液体介质弯月面,从而使应用于所述液体介质的声能防止在所述液体介质内产生空化效应。应用于所述基板的所述声能对引入所述液体介质的声波提供最大声波位移。引入所述基板和所述液体介质的所述声能使得所述颗粒污染物能够从所述基板表面被除去。被除去的所述颗粒污染物被包埋在所述液体介质内并被所述液体介质从所述基板表面运走。



1. 用于清洗半导体基板的方法,包括:

将液体介质应用于所述半导体基板的表面,以便大体上覆盖所述半导体基板的所述表面的待清洗部分,所述液体介质包括由长聚合物链构成的化学结构;以及

将声能应用于所述半导体基板,以便使所述半导体基板能够振动,所述半导体基板具有多个待除去的颗粒污染物,所述半导体基板的所述振动将所述声能经由该半导体基板传输给所述液体介质,以便在所述液体介质内引入声波速度,所述液体介质内的所述声波速度与所述半导体基板的所述振动一起提供用以从所述半导体基板的所述表面上移除所述多个颗粒污染物的力,其中所述声能被调整以使所述液体介质中的所述声波速度不在所述液体介质内产生空化效应,并且其中当所述颗粒污染物脱离所述半导体基板的表面时,所述液体介质中的长聚合物链捕获并包埋这些颗粒污染物并阻止其重新附着于所述半导体基板的表面。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,将声能应用于所述半导体基板还包括:

选择用于产生声能的传感器;以及

产生用以应用于所述半导体基板的所述声能,以便在所述液体介质内提供最大的声波位移。

3. 如权利要求 2 所述的方法,还包括:控制由所述传感器应用的所述声能,以便维持在所述液体介质和所述半导体基板内的声波位移均匀性。

4. 如权利要求 2 所述的方法,还包括:提供第二传感器,所述第二传感器耦合至所述半导体基板的下侧,所述第二传感器能够使声能通过耦合剂从所述下侧应用于所述半导体基板上。

5. 如权利要求 4 所述的方法,还包括:

选择具有能够传输声能的固有特性的耦合剂;以及

将所述耦合剂应用于所述半导体基板,从所述下侧传递至所述半导体基板的声能的量以所述耦合剂的所述固有特性为基础。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其中,应用于所述半导体基板和所述液体介质的所述声能以与所述半导体基板、所述液体介质和所述耦合剂相关的固有特性为基础,所述声能限定所述液体介质内的声波的声学性能。

7. 如权利要求 4 所述的方法,其中,所述耦合剂是用于冲洗所述半导体基板的液体或者液态化学品之一。

8. 如权利要求 6 所述的方法,其中,与所述耦合剂和所述液体介质相关的所述固有特性包括化学组成、密度以及温度中的任一个或多个,并且其中,与所述半导体基板相关的所述固有特性包括组成、厚度、宽度、温度、污染物类型、污染物大小、污染物组成中的任一个或多个。

9. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:以如下方式选择所述液体介质,即,使得在清洗过程中,所述液体介质的化学结构能够与从所述半导体基板的所述表面上释放的所述颗粒污染物至少部分地连接或发生交互作用,并且其中,所述液体介质是部分水解的聚丙烯酰胺。

10. 用于清洗基板的装置,包括:

第一外槽,具有由基底和一个或多个从所述基底延伸出来的侧壁限定的腔以及与所述

基底相对的开口,所述第一外槽被配置为在所述腔内容纳大量第一液体介质;

第二内槽,位于所述第一外槽内,从而在所述第一外槽内限定围绕所述第二内槽的腔,由所述第二内槽布置在所述第一外槽内而形成的空间填充有所述第一液体介质,所述第二内槽具有由基底和一个或多个从所述基底延伸出来的侧壁限定的腔以及与所述基底相对的开口,所述第二内槽被配置为在所述腔内容纳大量第二液体介质,该第二液体介质包括由长聚合物链构成的化学结构;

承载机构,被配置为支撑所述基板并将所述基板完全浸没到由所述第二内槽所限定的所述腔内的所述第二液体介质中;以及

传感器,用以将声能应用于所述第二内槽内的所述基板和所述第二液体介质,所述声能够使所述基板和所述第二液体介质共同作用,以从所述基板的表面上除去颗粒污染物;

其中,所述第一槽的所述开口和所述第二槽的所述开口大体上平行,从而使得所述基板能够通过所述第一槽和所述第二槽的开口被引入到所述第二槽中,其中,选择应用于所述第二液体介质的所述声能以便防止在所述第二液体介质内产生空化效应,并且其中,应用于所述基板的所述声能够使被引入到所述第二液体介质中的声波实现最大波位移,并且其中当所述颗粒污染物脱离所述基板的表面时,所述第二液体介质能够捕获并包埋所述颗粒污染物并阻止其重新附着于所述基板的表面。

11. 如权利要求 10 所述的装置,其中,在所述第一外槽的所述基底上提供有所述传感器,来自所述传感器的所述声能经由所述第一外槽内的所述第一液体介质被传输至所述第二内槽中的浸没的所述基板和所述第二液体介质。

12. 如权利要求 11 所述的装置,其中,所述传感器由至少第一传感器和至少一个第二传感器构成,在所述第一外槽的所述基底上提供有所述第一传感器和所述第二传感器,用以产生如下声能,所述声能通过所述第一外槽内的所述第一液体介质至所述第二内槽内的所述第二液体介质和所述基板。

13. 如权利要求 10 所述的装置,还包括选择所述第一液体介质和所述第二液体介质,以便控制传递至所述第二液体介质和所述基板的声能的量,传递至所述第二液体介质和所述基板的声能的量取决于与所述基板和所述第一和第二液体介质相关的固有特性。

14. 如权利要求 13 所述的装置,其中,以如下方式选择所述第二液体介质,即,使所述第二液体介质的化学结构能够与从所述基板的所述表面上释放的所述颗粒污染物至少部分地连接或发生交互作用。

15. 如权利要求 10 所述的装置,其中,所述第二内槽还包括进口,用以向所述第二内槽中补充清洁且新鲜的第二液体介质,并且所述第二内槽还包括出口,用以从所述第二内槽中将所述第二液体介质和所述污染的颗粒一起除去,并且其中,在清洗过程中,所述第一外槽接收来自所述第二内槽的、带有所述污染的颗粒的所述第二液体介质。

16. 如权利要求 10 所述的装置,其中,所述承载机构被配置为包括在所述清洗过程中用以在所述第二内槽中支撑和浸没多个基板的位置,并且单个或多个传感器之一被用来将声能应用于浸没在所述第二内槽中的所述多个基板中的每个基板上。

17. 如权利要求 10 所述的装置,其中,应用于所述基板和所述液体介质的组合的所述声能具有介于约 10KHz 至约 10MHz 的频率。

18. 如权利要求 10 所述的装置,其中,应用于所述基板和所述液体介质的组合的所述声能的频率以所述液体介质的弛豫时间的倒数为基础确定。

19. 用于清洗其表面具有颗粒污染物的基板的装置,包括:

处理室,具有被配置为在所述处理室内接收、支撑和运输所述基板的承载机构,所述处理室还包括:

分配头组件,被配置为以弯月面将液体介质供应至所述基板的表面,所述液体介质包括由长聚合物链构成的化学结构;以及

冲洗头组件,配备有至少一个进水管,用于以弯月面将化学冲洗剂供应至所述基板的上表面,配备有至少一个排水管道,用于从所述基板的所述表面除去所述化学冲洗剂和液体介质,以及配备有至少一个传感器,所述传感器被配置为将声能供应至由所述承载机构支撑的所述基板,从而使所述基板能够振动,半导体基板的所述振动将所述声能传递至应用于所述基板的所述表面的所述液体介质的所述弯月面,以便在所述液体介质中引入声波速度,选择应用于该液体介质的该声能的量,从而防止该液体介质中的空化效应,所述液体介质的所述弯月面内的所述声波速度与所述基板的所述振动一起辅助从所述基板的所述表面上除去所述颗粒污染物,并且其中当所述颗粒污染物脱离所述基板的表面时,所述液体介质能够捕获并包埋所述颗粒污染物并阻止其重新附着于所述基板的表面,

其中,所述传感器以靠近与所述基板的所述表面邻近的所述冲洗头组件的表面的方式放置,用以将声能传输至所述基板。

20. 如权利要求 19 所述的装置,其中,所述分配头组件和所述冲洗头组件是线性邻近头。

21. 如权利要求 19 所述的装置,其中,选择所述冲洗头组件中的所述传感器的几何结构,以便与所述冲洗头组件的几何结构相适应。

22. 如权利要求 19 所述的装置,还包括第二冲洗头组件,所述第二冲洗头组件配备有至少一个进水管,用以将化学冲洗剂供应至所述基板的所述表面,所述第二冲洗头组件配备有至少一个排水管道,用以从所述基板的所述表面上除去所述化学冲洗剂和液体介质,以及所述第二冲洗头组件配备有至少一个传感器,所述第二冲洗头组件内的所述传感器的几何结构与所述第二冲洗头组件的几何结构相适应,所述第二冲洗头组件内的所述传感器以靠近所述第二冲洗头组件的表面且面向所述基板的所述表面的方式放置,

其中,所述第二冲洗头组件内的所述传感器被配置为通过所述化学冲洗剂将声能供应至所述基板以及供应至应用于所述基板的所述表面的所述液体介质的所述弯月面,选择应用于所述化学冲洗剂的声能的量,以便对引入到所述液体介质中的声波提供最大声波位移差并且防止所述液体介质内的空化效应。

23. 如权利要求 22 所述的装置,其中,所述第二冲洗头组件以邻近所述基板的背侧的方式放置,以便通过所述基板的所述背侧将所述声能提供至所述基板和所述液体介质,所述第二冲洗头组件内的所述传感器靠近所述冲洗头组件的表面且接近所述基板的表面的下侧。

24. 如权利要求 19 所述的装置,其中,以如下方式来选择所述液体介质,即,使所述液体介质的化学结构能够与被释放的所述颗粒污染物至少部分地连接或发生交互作用,所述液体介质是部分水解的聚丙烯酰胺。

25. 如权利要求 19 所述的装置,其中,应用于所述基板的所述表面和所述液体介质的组合的所述声能具有介于约 10KHz 至约 10MHz 之间的频率。

26. 用于清洗其表面具有颗粒污染物的基板的装置,包括:

容器,配备有承载机构,所述容器被配置为接收和容纳液体介质,所述容器内的所述承载机构被配置为接收、支撑和沿轴移动所述基板,所述液体介质包括由长聚合物链构成的化学结构;

传感器,配置为将声能供应至由所述承载机构支撑的所述基板,从而使得所述基板能够振动,所述基板的所述振动将所述声能传递至应用于所述基板表面的所述液体介质的弯月面,以便将声波速度引入到所述液体介质中,所述液体介质的所述弯月面中的所述声波速度与所述基板的所述振动一起辅助从所述基板的所述表面上除去所述颗粒污染物,并且其中当所述颗粒污染物脱离所述基板的表面时,所述液体介质中的长聚合物链捕获并包埋这些颗粒污染物并阻止其重新附着于所述基板的表面,以及

冲洗机构,配备有至少一个进水管,用于以弯月面将化学冲洗剂供应至所述基板的上表面,

其中,应用于所述液体介质的所述声波速度防止所述液体介质内的空化效应。

27. 如权利要求 26 所述的装置,其中,在所述承载机构内提供有所述传感器,所述传感器被连接至电源,并且被配置为由通过所述电源供应的功率来产生声能。

28. 如权利要求 26 所述的装置,其中,所述传感器安装在被配置为向上、向下和向旁侧移动所述传感器的可动臂机构上,从而使所述传感器能够以邻近所述基板表面的方式放置。

29. 如权利要求 26 所述的装置,其中,所述冲洗机构安装在被配置为向上、向下和向旁侧移动所述冲洗机构的可动臂机构上,从而使所述冲洗机构能够以邻近所述基板表面的方式放置,所述冲洗机构的移动采用冲洗控制机构来控制。

30. 如权利要求 26 所述的装置,还包括电动机机构,所述电动机机构被连接至所述承载机构,从而使所述承载机构能够向上、向下和沿旋转轴移动。

31. 如权利要求 26 所述的装置,还包括不同的容器,用以供应所述化学冲洗剂并且用以收集在清洗和冲洗操作之后从所述基板的所述表面上除去的所述液体介质和所述化学冲洗剂,其中,所述容器包括不同的排水管道,用以在清洗过程中从所述容器中除去所述液体介质。

用于半导体晶圆制程的声辅助单晶圆湿式清洗

技术领域

[0001] 本发明一般涉及半导体基板的清洗,特别是涉及在制造工艺之后利用声能结合所选的清洗介质来清洗半导体基板的方法和装置。

背景技术

[0002] 在半导体芯片制造工艺中,众所周知的是,在完成制造工序之后在基板表面上留下了多余的残余物,需要清洗并干燥基板。这种制造工序的例子包括等离子刻蚀(例如,用于铜双镶嵌(dual damascene)应用的通道刻蚀或凹刻蚀)和化学机械抛光(CMP)。各种各样的清洗工艺已被用于在各个制造工序之后从该基板表面移除多余的残余物。用于从该基板表面移除这些多余的残余物的一些清洗工艺包括:通过大体上覆盖基板表面的液体介质来传播声能以及利用该声能从该基板表面移除颗粒。

[0003] 在声能清洗工艺中使用的典型的液体介质包括去离子水(DIW)或几种基板清洗化学品中的任一种或多种及其组合,例如稀氢氧化铵/过氧化氢的DIW溶液。声能在该液体介质中的传播使得清洗能够通过空化效应(cavitation)、微流作用以及在化学品被用作液体介质时的化学反应增强来完成。空化效应是来自液体介质中所溶解气体的微小气泡在声波搅动作用下的快速形成和破裂。当破裂的时候,这些气泡释放出能量。来自这些破裂的气泡的能量通过破坏使颗粒附着在基板上的各种附着力来辅助移除微粒。声微流作用是在兆频超声波振动下,声波通过液体介质传播的速度梯度引起的流体运动。该声能提供活化能用以促进该液体介质内的化学反应。

[0004] 随着形成在基板表面上的特征的关键尺寸(critical dimension)持续减小,尺寸与这些特征的关键尺寸相当的亚微米颗粒的数量增加。由于这些亚微米颗粒的关键尺寸,使用低频超声波能量的清洗技术不再能从所述特征周围有效地移除这些亚微米颗粒。结果是,采用超声波清洗从制造工序中所得器件的可靠性和产量大大降低。

[0005] 为了克服超声波清洗的低效率,兆频超声波能量被广泛用于半导体制造工序中以清洗成批晶圆或单晶圆。兆频超声波清洗的主要颗粒去除机制是通过空化效应和声微流作用。兆频超声波传感器被用于在清洗槽的液体介质内建立声压波,基板或成批基板浸没在清洗槽中。通过空化效应和微流作用而作用于多余的颗粒。尽管用于该兆频超声波清洗的声能有效地从基板表面移除多余的颗粒,用于提供空化效应的声能的量仍会对亚微米颗粒污染物所围绕的所述特征造成损坏。对所述特征的损坏使得相关器件无法使用,由此降低了从该基板获得的器件的整体产量和可靠性。

[0006] 找到在不损坏形成在基板表面上的特征的情况下将声能用于从基板表面有效地移除亚微米颗粒污染物的方案,将是非常有利的。

[0007] 鉴于这一点提出本发明的实施方式。

发明内容

[0008] 总而言之,本发明通过提供一种清洗工具来满足这些需求,该清洗工具能够以可

控的和有效的方式来管理声能和增强的化学清洗剂在基板表面上的应用。应当理解的是，本发明能够以多种方式实施，包括作为工艺、装置或系统。本发明的一些创造性实施方式在下文中加以描述。

[0009] 在一个实施方式中，提供了从半导体基板的表面上清洗颗粒污染物的方法。该方法包括将液体介质应用于该半导体基板的表面。将声能应用于该半导体，以便使该半导体基板能够振动。该半导体基板的振动将该声能传输给该液体介质，以便在应用于该基板表面的该液体介质内引入声波速度。调整应用于该液体介质的该声能，从而不在该液体介质内引入空化效应。应用于该基板和该液体介质的该声能提供能够从该基板表面上除去颗粒污染物的力。以如下方式选择该液体介质，即，使该液体介质的化学结构能够与被除去的颗粒污染物至少部分地连接或发生交互作用。带有被除去的颗粒污染物的该液体介质被从该基板上运走，结果得到大体上清洁的基板。

[0010] 在另一个实施方式中，提供了用于清洗基板的如下装置，该装置包括第一外槽，该第一外槽具有由基底及一个或多个从该基底延伸出的侧壁限定的腔。该第一槽还包括与该基底相对的开口并且被配置为在其中限定的该腔内容纳大量第一液体介质。该装置还包括位于该第一外槽内的第二内槽，从而使围绕该第二内槽的腔被限定在该第一外槽内。该第一外槽的腔容纳该第一液体介质。相应地，该第二内槽包括由基底及一个或多个从该基底延伸出的侧壁限定的腔以及与该基底相对的开口。该第二内槽被配置为在其中所限定的腔内容纳大量第二液体介质，以及被配置为接收该基板并将该基板浸没到包含在该腔内的该第二液体介质中。还提供有承载机构，用以支撑该基板并将该基板完全浸没到该第二液体介质中。在该第一外槽的基底上提供有用以产生声能的传感器。由该传感器产生的该声能被应用于该第二内槽中的该基板和该第二液体介质。选择应用于该第二液体介质的该声能，以便防止在该第二液体介质内产生空化效应，并且将声波速度引入到该第二液体介质中。选择应用于该基板的该声能，从而使引入到该第二液体介质中的声波能够实现最大波位移。该声能够使该基板和该液体介质共同作用，以从该基板表面上除去颗粒污染物，然后，被除去的颗粒污染物与该第二液体介质至少部分地连接或发生交互作用，并且被该第二液体介质运走。

[0011] 在另一个实施方式中，提供了用于清洗基板的装置，该装置包括具有承载机构的处理室，该承载机构被配置为在该处理室内支撑和运输该基板。该基板包括在表面上需要被除去的多个颗粒污染物。该处理室包括至少一个分配头组件和至少一个冲洗头组件。该分配头组件被配置为通过进水管以弯月面 (meniscus) 将液体介质供应至该基板表面。该冲洗头组件配置有至少一个进水管，用以供应化学冲洗剂冲洗该基板表面，以及该冲洗头组件配置有至少一个排水管道，用以从该基板表面除去该液体介质和化学冲洗剂。该冲洗头还配备有一个或多个传感器，用以将声能 (AE) 供应至该基板和应用于该基板表面的该液体介质的该弯月面。该声能使得由该承载机构支撑的该基板能够振动。该基板的振动被传递至该液体介质，从而将声波速度引入到该液体介质中。选择应用于该液体介质的该声能，从而防止该液体介质中的空化效应。应用于该液体介质和该基板的组合的声能使得该基板和该液体介质能够同时对颗粒污染物起作用，以从该基板表面大体上释放这些颗粒污染物。被释放的颗粒污染物与该液体介质至少部分地连接或发生交互作用，并且以该液体介质的速度被运走。

[0012] 本发明的优点众多。应用于各个基板和液体介质的声能同时起作用,以成功地从该基板表面释放颗粒污染物。仔细选择应用于该基板表面的声能的量,确保形成在这些污染物附近的特征属性大体上保存完好。因此,由于高效的基板清洗还有明显很低的污染水平,可获得增高的产量。此外,应用于该基板表面的该液体介质的化学结构阻止了颗粒污染物的再沉积,并且对该液体介质的及时清除确保了该液体介质不会附着在该基板表面上。由于对该基板和该液体介质同时应用声能,获得了有效的基板清洗,同时避免了归因于不受控制的空化效应和微流作用而引起的传统兆频超声波应用所固有的常见问题,例如特征损坏。

[0013] 由下文的详细描述,结合附图,以示例的方式对本发明的原理进行的阐释,使本发明的其他方面和优点变得明显。

附图说明

[0014] 通过下文的详细描述,结合附图,本发明将很容易理解。为了便于描述,相同参考标号代表相同的结构元件。

[0015] 图 1A 描述了在本发明的一个实施方式中采用浸渍槽的基板清洗系统的简化框图的侧视图。

[0016] 图 1B 描述了图 1A 中所描述的基板清洗系统的简化框图的俯视图。

[0017] 图 2A 描述了根据本发明的一个实施方式,冲洗头之前带有单分配头的基板清洗和干燥系统。

[0018] 图 2B 描述了图 2A 中所描述的基板清洗和干燥系统的局部分解图。

[0019] 图 2C 描述了在本发明的一个实施方式中具有多个用于将声能应用于基板和液体介质的传感器的基板清洗系统。

[0020] 图 2D 描述了在本发明的备选实施方式中带有多个用于将声能应用于基板的传感器的基板清洗系统的侧视图。

[0021] 图 2E 描述了图 2A 中所示的基板清洗系统的备选实施方式,所述基板清洗系统带有排列在基板任一侧上的双分配头。

[0022] 图 3A 描述了在本发明的一个实施方式中采用旋转工具的基板清洗系统。

[0023] 图 3B 描述了图 3A 中所描述的旋转工具的备选实施方式。

[0024] 图 3C 描述了图 3B 中所描述的旋转工具机构的运转俯视图。

[0025] 图 3D 描述了图 3A 和图 3B 中所描述的旋转工具机构的备选实施方式。

[0026] 图 4A 和图 4B 描述了根据本发明的一个实施方式将手工喷流(handpour)应用与声应用的结果进行对比而得出的颗粒移除效率数据图。

[0027] 图 5A 和图 5B 描述了在本发明的一个实施方式中,与声辅助清洗技术和标准手工喷流清洗技术相关的后期处理颗粒图。

[0028] 图 6 描述了在本发明的一个实施方式中,与标准手工喷流应用和兆频超声波声能应用相关的颗粒移除效率条形图。

[0029] 图 7A 至图 7C 描述了在本发明的一个实施方式中,与清洗工艺中应用的各种声能相关的损坏数据。

[0030] 图 8A 和图 8B 描述了在本发明的一个实施方式中,基于兆频超声波应用试验的颗

粒移除效率。

[0031] 图 9 描述了根据本发明的一个实施方式,在向基板表面提供兆频超声波声能的情况下所涉及的操作的流程图。

具体实施方式

[0032] 公开的是用于清洗和 / 或干燥基板的方法和装置的发明。在下文的描述中,为了彻底理解本发明,提出大量的具体细节。然而,本领域普通技术人员应当理解的是,在缺少某些或全部这些具体细节的情况下,本发明仍然可以实施。在其它情况下,为了不至于不必要地使本发明模糊不清,未对众所周知的工艺操作进行详细描述。

[0033] 图 1A 和图 1B 描述了基板处理系统的实施方式。在该实施方式中,浸渍槽被用于处理基板。应当理解的是,图 1A 和图 1B 中所描述的基板处理系统是示例性的,并且能够采用浸渍槽来清洗基板表面的任何合适类型的构造均可使用。图 1A 和图 1B 描述了在本发明的一个实施方式中,浸渍槽系统的侧视图和俯视图。如图所示,该系统包括第一外槽,其具有由基底及一个或多个从该基底延伸出的侧壁形成的腔。该腔的开口形成在该基底的对侧。该腔被配置为容纳第一液体介质。第二内槽位于该第一外槽内部,从而使围绕该第二内槽的腔限定在该第一外槽内。位于该第一外槽内的该腔容纳该第一液体介质。该第二内槽包括由基底及一个或多个从该基底延伸出来的侧壁限定的腔。在该基底的对侧提供有开口,该基板通过该开口被引入到该第二内槽的腔中。该第二内槽被配置为在该腔内部容纳第二液体介质。包括承载机构,用以支撑该基板以及将该基板浸到该第二内槽内的该第二液体介质中。在一个实施方式中,在该第一外槽的基底处提供有传感器 T1,并且该传感器 T1 被用于将声能引入至包含在该第二内槽中的该第二液体介质。该声能经由该第一外槽内的该第一液体介质被应用于该第二液体介质。该第一液体介质充当耦合剂,并且将该声能从耦接到该第一外槽上的该传感器传输至该第二内槽中的该第二液体介质内。耦合剂,如本申请中所用的耦合剂,被定义为在该传感器与介质之间所用的物质(通常是液体),以允许或改善超声波能量到该介质内的传输。在本实施方式中,该介质是第二液体介质。应用于该第二液体介质的该声能被传输到浸渍在该第二液体介质内的该基板,从而使该基板振动。在本实施方式中,该第二液体介质充当耦合剂,用于传递声能至该基板。

[0034] 在本发明的另一个实施方式中,两个或多个传感器 T1、T2 等经由采用恰当耦合剂的界面,将声能提供该基板以及包含在该第二内槽的该腔中的该第二液体介质。来自这两个或多个传感器的该声能被同时提供,从而使该基板和第二液体介质利用该声能共同作用以破坏如下附着力,颗粒污染物因该附着力而附着在该基板表面上,由此从该基板表面释放这些颗粒污染物。选择应用于该液体介质的该声能,以便防止在该液体介质内产生空化效应。当在空化效应中由溶解气体形成的微小气泡破裂时,在该基板上形成的一些特征可能被损坏。因此,将由空化效应引起的损坏降到最低是至关重要的。结果是,选择该声能,以便通过避免在该液体介质内产生空化效应,来防止对在该基板上形成的特征造成这样的损坏。应用于该基板和该第二液体介质中的每一个的该声能大大低于在传统的兆频超声波清洗工艺中直接应用于该液体介质的单个高频声能。然而,该组合的声能提供足够的能量来破坏如下附着力,颗粒污染物(污染物)因该附着力而粘附在该基板表面上,并且该组合的声能在不损坏在该基板表面上靠近这些污染物地形成的特征的情况下,辅助从该基板表

面成功地移除这些颗粒污染物。

[0035] 在一个实施方式中,第一液体介质和第二液体介质是相同的。在本实施方式中,第二内槽包括进口(未示出),用以从贮存器(未示出)向该第二内槽的腔内补充清洁的第二液体介质,并且该第二内槽包括出口(未示出),用以在清洗过程中及时移除第二液体介质和颗粒污染物。将污染物和该液体介质从该第二内槽中及时清除,防止了这些污染物或该液体介质重新附着在该基板表面上。此外,该第二液体介质的化学结构确保了防止污染物重新附着。该第二内槽的该出口可连接至该第一外槽的进口,该第二液体介质与这些颗粒污染物一起,经由该第一外槽的进口,被接纳到该第一外槽内。除了这个进口,该第一外槽可包括连接至外部贮存器的第二进口,该第一外槽从该外部贮存器将该第一液体介质接纳到该腔中。该第一外槽内的出口(未示出)被用于移除该第一外槽内的该第一液体介质和该第二液体介质,从而使该清洗过程中额外的第一液体介质和第二液体介质可分别从相应的外部贮存器(未示出)和该第二内槽被接纳。

[0036] 在另一个实施方式中,第一液体介质和第二液体介质是不同的。在一个实施方式中,第一液体介质可为去离子水(DIW)。该第二液体介质基于污染物的大小和组成来选择。分析这些污染物并且选择第二液体介质,使该第二液体介质的化学结构能够与在该清洗过程中从该基板表面释放的这些污染物至少部分地连接或发生交互作用。在一个实施方式中,聚合物基液体介质被选作该第二液体介质。该聚合物基液体介质包括由长聚合物链构成的化学结构,该长聚合物链能够实现与这些颗粒污染物至少部分地连接或发生交互作用并且是高粘性的。由于该聚合物基液体介质的粘性,需要在清洗过程之后将该液体介质从该基板表面除去,以防止该液体介质粘附在该基板表面上。对于聚合物液体介质的化学结构的更多信息,可参考2008年6月2日提交的、申请号为12/131,654的、题为“Materials for Particle Removal by Single-Phase and Two-phase Media(利用单相和两相介质来移除颗粒的材料)”的美国专利申请。在一个实施方式中,根据该分析,被选择用于清洗基板表面的聚合物基液体介质是部分水解的聚丙烯酰胺。

[0037] 在该基板上和在该第二液体介质中应用的该组合的声能在该液体-污染物-基板界面上建立不平衡的压力波,该压力波通过该第二液体介质对这些污染物施加力,破坏将这些污染物粘附在该基板表面的附着力。对这些污染物施加的力成功地将这些污染物从该基板表面释放。一旦从该基板表面释放,这些污染物至少部分地连接或发生交互作用并且很快被包埋在该第二液体介质内。在成功的清洗过程中,这些被束缚的污染物与该第二液体介质一起从该第二内槽被及时除去,并且清洁的第二液体介质被补充到该第二内槽中,用于随后的基板清洗过程。尽管这些实施方式已经就清洗单个基板进行了详细的讨论,但这些实施方式还可被引申应用于清洗成批的基板。在这种情况下,所述承载机构被配置为提供用以接收、支撑该成批基板并且通过该腔将该成批基板浸没到该第二液体介质中的位置,该腔很宽,足以在该清洗工艺中容纳该成批基板。

[0038] 应当注意的是,与应用于该基板和该第二液体介质的该声能相关的频率,可基于这些污染物的大小和组成以及污染物-基板表面的交互作用类型来调整。当这些污染物较小或较轻时,则可应用较高频率的声能。利用本发明的这些实施方式,通过细微调整应用于该基板和该液体介质中的每一个的该声能的频率,可以克服对该基板表面上的这些特征的损坏,从而使该组合的能量有助于在不损坏形成在该基板上的特征的情况下,从该基板上

释放这些污染物。

[0039] 图 2A 描述了本发明的另一个实施方式,其中,头组件被用来应用声能,用以清洗该基板 100 的表面。图 2A 描述了如下系统的侧视图,该系统用分配头 106a 来以弯月面应用液体介质至该基板表面。在本实施方式中,该分配头 106a 被用来在该基板 100 的上表面上应用该液体介质的弯月面。冲洗头 106c 可被用于对该基板 100 表面的随后的冲洗和干燥。在一个实施方式中,当这些头被放置在允许这些头间隔开但要靠近该基板 100 表面的方向上时,该分配头和冲洗头是邻近的头。在一个实施方式中,接近的邻近距离为约 0.1mm 至约 3mm,优选介于约 0.3mm 至 1mm 之间。图 2A 中所描述的该分配头组件 106a 是示例性的,并且采用声能来清洗该基板的任何其它合适类型的构造也是可利用的。此外,对图 2A 的该分配头 106a 和冲洗头 106c 的几何结构进行配置,以便覆盖该基板 100 的部分表面。在一个实施方式中,分配头和冲洗头是固定的并且该基板沿轴运动。在一个实施方式中,该基板被承载架接收、支撑并沿轴线性移动,从而使该基板表面在清洗过程中大体上暴露于该液体介质,而在冲洗和干燥过程中暴露于液体或液态化学品例如化学冲洗剂中。在另一个实施方式中,旋转头可被用来分配该液体介质以及将该声能应用于该基板和液体介质。在该实施方式中,该基板被安装在承载架例如卡盘上并且绕轴旋转,从而使该基板表面大体上分别暴露于该液体介质和由该分配头和冲洗头供应的化学冲洗剂中。该基板 100 的大小和形状也可以不同,并且该分配头 106a 和冲洗头 106c 被适当地配置为基本上清洗该基板 100 表面。在另一个实施方式中,该分配头和冲洗头可以是可移动的,并且该基板可以是固定的或者可以相对于该分配头和冲洗头的运动而运动。

[0040] 仔细选择该液体介质,从而使所述化学结构能够至少部分地连接或发生交互作用,由此当颗粒脱离该基板表面时,能够快速捕获这些颗粒。该液体介质是由长聚合物链构成的粘性液体。该液体介质由该分配头 106a 施加,从而使液体介质的薄弯月面施加到暴露于该分配头的基板表面部分上。液体介质的该薄弯月面的厚度可为约 0.1mm 至约 2mm,最佳厚度为约 0.5mm。

[0041] 该清洗过程开始于:当通过承载架(未示出)使该基板在该分配头 106a 下方移动时,将液体介质的该弯月面应用于该基板表面。该承载架可以是能够接收、支撑和沿轴移动该基板的任何传统承载架。当以弯月面来应用该液体介质时,该基板在该冲洗头 106c 下移动,其中,一个或多个传感器 T1、T2 被用来将声能应用于该基板和该液体介质。该冲洗头 106c 内的一个或多个进水管 106c-1 被用来在该清洗操作之后将化学冲洗剂引入该基板,用以冲洗该基板表面。该冲洗头内的一个或多个排水管道被用来及时地除去该液体介质并且将该化学冲洗剂应用于该基板。从由该分配头 106a 引入该液体介质到由该冲洗头 106c 去除该液体介质时起,该液体介质被留在该基板表面上。在该清洗过程中该液体介质被留在该基板表面上的时间是以该分配头和该冲洗头之间的距离以及该基板的运动速度为依据的。假设“d”是该分配头与该冲洗头之间的距离,而“w”是该基板的相对速度,那么在该清洗工艺中该液体介质在该基板表面上的停留时间被描述为函数 $f_n(w, d)$ 。该液体介质的停留时间可通过调整该分配头与该冲洗头之间的该距离“d”以及通过调整该基板的该速度“w”来调整,从而完成对该基板表面的最佳清洗。

[0042] 该冲洗头 106c 包括一个或多个用来将声能应用于该基板和该液体介质的传感器。现在,参照图 2B 对将该声能应用于该基板和该液体介质进行详细描述。图 2B 描述了

用于清洗该基板的清洗系统的局部分解图。当将该液体介质作为弯月面 116 应用于该基板表面时,该基板在该冲洗头 106c 下方运动。液体介质弯月面 116 在供给点上大体上是液体的,当它离开该供给点时,其粘性会发生变化。由于该液体介质是粘性的,为了防止该液体介质粘附到该基板表面上,必须除去该液体介质的弯月面 116。该冲洗头内的排水管道能够使该液体介质从该基板表面迅速清除。尽管图 2B 中描绘的是一个排水管道,应当理解的是,该冲洗头可包括多个排水管道,以帮助从该基板表面迅速清除该液体介质。该冲洗头 106c 还包括进水管,用来引入液体或液态化学品,例如化学冲洗剂,用以在该清洗工艺之后冲洗该基板表面。

[0043] 该冲洗头内的传感器 T1406 被用来将声能引入该基板和该液体介质。该传感器 T1 包括传感器体 406b 和连接至电源 408 的压电元件 406a。该电源 408 可为任何类型的电源,例如射频电源。该传感器 T1 靠近该冲洗头的下表面,以面向该基板上表面的方式设置,从而使在该传感器上产生的声能在没有很大的强度损失的情况下被传输。该传感器体 406b 经由该压电元件 406a 接收来自该电源 408 的功率,并且将该功率转换为声能,如泡 1 所示。该声能接着被传输至由该冲洗头 106c 以弯月面来供应的化学冲洗剂,如泡 2 所示。该化学冲洗剂充当耦合剂,并且将该声能传输至该基板 100,就像可由朝向该基板的传输箭头以及泡 3 所看到的那样。该基板经由该化学冲洗剂弯月面接收来自该传感器 T1 的该声能并开始振动。由于该液体介质的粘性,当在该分配头下方靠近该供给点地施加时,较好地实现了该声能的应用。在该基板上和该液体介质内应用的声能同时作用,使这些颗粒污染物从该基板表面释放出来。这些释放的污染物与该液体介质至少部分地连接或发生交互作用,并经由该排水管道及时被除去。应用于该基板表面和该液体介质的该声能可基于这些污染物结构、大小以及基板-污染物交互作用的类型被细微调整。

[0044] 在一个实施方式中,该传感器 T1 具有覆盖该冲洗头 106c 长度的线性设计。在该实施方式中,该冲洗头 106c 包括用于供应该化学冲洗剂的进水管和用于在该清洗工艺之后除去该化学冲洗剂和该液体介质的排水管道。该传感器 T1 被配置为大体上覆盖该冲洗头 106c 的长度而不覆盖该进水管或该排水管道。该传感器 T1 被配置为向该基板和该液体介质提供均匀的声能。

[0045] 图 2C 描述了一个实施方式,其中,多个传感器 T1、T1a、T1b、T1c、T2、T2a、T2b、T2c 等等包含在该冲洗头 106c 内。该多个传感器 T1、T1a、T1b、T1c、T2、T3、T4 等等被用来将该声能均匀地应用到该液体介质,并且穿过该基板 100。该冲洗头 106c 包括多个进水管 106c-1 用以供应该化学冲洗剂至该基板,以及多个排水管道 106c-2 用以从该基板 100 表面除去该液体介质和该化学冲洗剂。该排水管道 106c-2 可被连接至真空口,以便在该清洗操作中可应用真空从该基板表面除去该液体介质、颗粒污染物以及该化学冲洗剂。在该实施方式中,该多个传感器线性设置为覆盖该冲洗头 106c 的表面,从而使该声能的应用范围覆盖该基板暴露于该冲洗头 106c 的整个部分。此外,这些传感器以如下方式布置在该冲洗头内,即,这些传感器的位置不覆盖任何进水管或排水管道。在一个实施方式中,该多个传感器被配置为以单频模式来运作,以便将均匀的声能提供给该基板和该液体介质。

[0046] 在备选的实施方式中,该多个传感器 T1、T1a、T1b、T1c、T2、T2a 等等可被配置为以多频模式来运作,以提高应用于该基板和该液体介质的该声能的均匀性,并由此提高清洗效率。由该多个传感器产生的该声能可被细微调整以进一步确保对该基板和该液体介质均

匀地应用声能。例如,一些传感器(声驱动器)可被配置为以特定频率工作,而其它传感器可被配置为以不同的频率工作。该传感器上的频率可通过该压电元件上的传感器来控制。备选地,该压电元件上的传感器可均被配置为同时以数个频率或者以两个频率的任意组合来工作。

[0047] 图 2D 描述了在本发明的备选实施方式中,安置有多个传感器的冲洗头 106c 的简化框图。在该实施方式中,该多个传感器以如下方式布置,即,使每个传感器的声能应用范围与另一个传感器的声能应用范围交叠,从而在暴露于该冲洗头的该基板表面的整个部分上从该多个传感器接收均匀的声能。

[0048] 在备选的实施方式中,除了第一冲洗头 106c 外,还有第二冲洗头 106b 被提供给该基板 100 的下侧,如图 2E 所示。如所示,该第二冲洗头 106b 包括进水管,用以提供耦合剂例如化学冲洗剂的弯月面 116,以及一组传感器 T3、T4 等,用以提供额外的声能至该耦合剂。在该实施方式中,该耦合剂是该化学冲洗剂。该耦合剂充当介质,用以将声能由该基板的下侧从该传感器 T3 和 T4 传输至该基板 100。该分配头 106a 以弯月面提供该液体介质至该基板 100 上表面,并且该冲洗头 106c 内的传感器 T1、T2 等从上侧提供该声能至该基板 100。从该上侧和该下侧应用于该基板的该声能均被用来将该声能应用于该液体介质,从而使作为声波引入该液体介质的声能不产生空化效应。图 2E 中所描述的该实施方式是示例性的,并且只要维持本发明的设计功能,任何数量的分配头、冲洗头以及传感器均能够以任何构造被使用。应当注意的是,图 2A 至图 2E 的冲洗头的构造和取向是示例性的,不应当认为是限制性的。在一个实施方式中,仅仅该冲洗头 106b 可用于从该下侧提供声能和化学冲洗剂至该基板,并且用于在该清洗工艺之后除去该化学冲洗剂和液体介质。在另一个实施方式中,该冲洗头 106b 和 106c 可被配置为供应化学冲洗剂和声能至该基板上表面。在另一个实施方式中,额外的冲洗头可被用来从该上表面、下侧或该基板的这两侧来供应该化学冲洗剂和 / 或声能。

[0049] 已经对带有一个或多个传感器位于该冲洗头内的这些实施方式进行了描述。然而,这些实施方式是示例性的,不应该被认为是限制性的。在本发明的一个实施方式中,传感器可位于分配头内。在该实施方式中,这些传感器以如下方式布置,即,它们被放置在供应该液体介质至该基板 100 的进水管之后,以便从这些传感器产生的声能被传输至该液体介质和该基板 100。在另一个实施方式中,该传感器 T1 可被设置在单独的头上。在该实施方式中,带有该传感器 T1 的该头位于该分配头之后,以便将由该传感器 T1 产生的该声能应用于该基板和该液体介质。可选的冲洗头可被提供在带有该传感器 T1 的该头之后,以便可从该基板表面大体上除去带有捕获的颗粒的该液体介质,留下大体上清洁的基板 100。

[0050] 多个传感器被用来在该清洗过程中产生均匀的声能至该液体介质和该基板 100。该分配头 106a 被配置为将该液体介质从贮存器(未示出)经由一个或多个进水管以弯月面 116 传送至该基板,并且这些传感器被设置为邻近该冲洗头的表面,与该基板的相应表面相对,并且不覆盖任何进水管或排水管道。该弯月面 116 大体上覆盖该基板表面暴露于该分配头 106a 的部分。

[0051] 这些传感器 T1、T2、T3、T4(406) 由外部电源 408 供电。在一个实施方式中,该外部电源可为射频(RF)电源。来自该电源 408 的能量由该传感器 406 转换为应用于该基板 100 和该液体介质的弯月面 116 的声能。应当容易理解的是,该传感器 406 可具有会使 RF

能够转换为声能的任何合适的构造。

[0052] 在一个实施方式中,可以用物质例如特氟龙 (Teflon) 给传感器 406 涂层,以保护该传感器 406 的压电晶体 406a 和传感器体 406b 免受可能存在于待清洗的基板 100 表面上的液体介质和任何其它耦合剂弯月面 116 以及污染物的影响。选择来自该电源 408 的功率,从而使应用于该液体介质弯月面 116 的声能不在该弯月面 116 中提供空化效应。在一个实施方式中,冲洗头 106b、106c 的进水管和排水管道以如下方式来安置,即使供应该化学冲洗剂的进水管的位置位于这些传感器之间,并且不被该传感器堵住。排水管道被用于及时除去该液体介质连同从该基板释放的污染物,这些排水管道被连接至真空口 (未示出),该真空口提供用于除去该液体介质的吸力。

[0053] 在一个实施方式中,通过及时除去弯月面,避免了刚刚从该基板释放的污染物的重新附着,并且防止了由于长期暴露于该液体介质而对特征造成的损坏。该液体介质的化学结构使得能够更快地移除这些污染物,由此阻止这些污染物重新附着于该基板 100。迅速清除该液体介质还防止了由于该液体介质的粘性,该液体介质粘附于该基板表面。应当注意的是,该液体介质暴露于这些污染物的时间可通过如下方式加以调整,即使得最佳量的污染物从该基板 100 表面除去。该分配头 106a 以及冲洗头 106b、106c 以如下方式设置,即使得应用于该基板 100 表面上的该弯月面的区域与应用声能于其上的区域大体上交叠。同样应当理解的是,取决于该装置的构造以及所需的该弯月面大小和形状,可采用任何合适数量的进水管和排水管道。

[0054] 在该声能存在的情况下,由于该液体介质与该基板的声学性能不同,在该基板上被吸收的目标污染物经受一种力。该力将从该基板上去除这些污染物。被去除的污染物与该液体介质至少部分地连接或发生交互作用,并且与该液体介质一起经由该排水管道除去。在一个实施方式中,选择该传感器 T1、T2、T3、T4 等等,以便向该基板和该液体介质提供相等的和均匀的声能。即使由该传感器 T1、T2、T3、T4 施加的该声能是相同的,在该液体介质与基板中所得的声能可能彼此不同。这可能归因于这两种介质 (基板和液体介质) 的固有特性的不同,这种不同在这两种介质中导致的结果是不同的声学性能。在另一个实施方式中,由 T1 和 T2 产生的声能与由该传感器 T3 和 T4 产生的声能不同。

[0055] 利用在基板和液体介质上的组合的声能,该基板和该液体介质共同作用,用以在不损坏这些特征的情况下,从该基板 100 表面释放这些污染物。传递至所述界面和所述颗粒的声功率的量可基于阻抗匹配通过选择恰当的传感器以及通过变换耦合剂来控制,该声能经由该耦合剂被传输至该基板和该液体介质。使用多个传感器来帮助控制和维持声波位移在该液体介质内的均匀性。相比于传统的兆频超声波清洗操作,该传统的兆频超声波清洗操作直接将兆频超声波声能应用于该液体介质以释放污染物,声能的组合还能够使用更小的声能,并且将声能应用于该基板和该液体介质两者都能够提供更好的清洗效果。

[0056] 应用于该表面和该液体介质的组合的声能可产生频率约为 10kHz 至 10MHz 的波。仔细选择应用于该液体介质弯月面的该声能,以便在提供最佳声能至该弯月面和基板以除去污染物的同时防止空化效应。通过防止空化效应,避免了在空化效应中由气泡破裂释放的额外能量。此外,应用于该基板的该声能可以使引入该液体介质的声波实现最大波位移,其相应地帮助从该基板 100 表面有效除去污染物而不损坏形成在该基板表面的特征。

[0057] 选择在分配头和冲洗头处提供的传感器的几何结构,以便与安置所述传感器的相

应头的几何结构相适应。正如前面提到的,该当前实施方式是示例性的,任何其它构造均可被用来使分配头 106a 能够与冲洗头 106b、106c 等结合地接近该基板,以便可产生液体介质的弯月面并以受控的方式应用于该基板表面并且在清洗过程中产生恰当的声能并应用于该弯月面 and 该基板。

[0058] 可通过根据污染物的大小、组成和类型、该基板的类型、厚度、宽度和组成、该液体介质的类型、组成和特性调节对该传感器的供电,来调整由传感器产生的该声能。相应地,根据污染物的性质、类型和大小、基板类型和组成来选择该液体介质,从而使第一液体介质的应用不会削弱该基板上的特征或者用于该清洗过程的任何部件。在一个实施方式中,以弯月面应用的该第一液体介质是部分水解的聚丙烯酰胺。具有能够与这些污染物结合的化学结构的任何其它合适的液体介质均可代替该部分水解的聚丙烯酰胺或者与该部分水解的聚丙烯酰胺组合使用。在该清洗操作之后用于冲洗和干燥该基板的该化学冲洗剂可以是去离子水 (DIW)。该化学冲洗剂是示例性的,并且这些实施方式可使用任何其它化学冲洗剂来代替 DIW 或者与 DIW 组合使用。

[0059] 关于邻近的头、邻近的头的取向和构造、臂组件的构造和功能、以及用于采用声能进行清洗的邻近的头内的传感器的更多信息,可参考 2003 年 6 月 30 日提交的、申请号为 10/611,140 的、题为“METHOD AND APPARATUS FOR CLEANING A SUBSTRATE USING MEGASONIC POWER(采用兆频超声波能量清洗基板的方法和装置)”并且被转让给本发明的受让人的美国专利申请。

[0060] 控制该液体介质向该基板表面的流速,以便维持弯月面层。在一个实施方式中,该液体介质通过分配头 106a 中的进口的流速可视该分配头的大小而变化,并且可介于约 5ml/分钟或者约 0.00177 标准立方英尺/小时 (SCFH) 至约 500ml/分钟或者约 1.0549SCFH 之间,最佳流速为约 100ml/分钟或者约 0.22SCFH。类似地,通过相同分配头或不同分配头的出口的真空流速可根据该液体介质的流速来调整,并且维持在约 100 标准立升/分钟 (SLM) 至约 600SLM 之间,最佳流速为约 500SLM。

[0061] 图 3A 至图 3D 描述了本发明的备选实施方式,其使用旋转工具机构用于清洗基板。如图 3A 所示,该旋转工具机构包括容器 410,例如碗,用以接收和容纳液体介质。该容器 410 包括出口 470,用于在清洗工艺之后除去液体介质,从而可以将该液体介质补充到该容器 410 内。承载机构 420 例如卡盘,被配置为接收、支撑和沿轴移动该基板。该承载机构 420 被连接至电动机机构 440,以提供沿轴移动该承载机构 420 的力。基板 100 被支撑在该承载机构上,从而使该容器内的液体介质的薄层覆盖该基板表面。该承载机构 420 还包括传感器 T1。该传感器 T1 被连接至电源(未示出)并且使用该能量产生应用于该基板 100 和该液体介质的声能。在一个实施方式中,该声能是声音形式的。该声能被传输至该基板 100 并且被传递至该基板表面上的该液体介质。冲洗机构 430,例如喷嘴,被用于在该清洗工艺中提供化学冲洗剂至该基板表面。该化学冲洗剂可充当耦合剂,用以接收和传输由该传感器 T1 产生的该声能至该液体介质。该冲洗机构 430 安装在可动的臂上,从而可以使用控制机构 450,例如喷嘴控制机构,使该冲洗机构向上、向下和向旁侧移动,从而该冲洗机构 430 可被恰当地放置在该基板上方,以向该基板 100 表面提供均匀的化学冲洗剂弯月面。相应地,该冲洗机构 430 被连接至供应该化学冲洗剂的液体供应源 460。在备选实施方式中,传感器 T1 位于冲洗机构内部,从而它不会堵住供应液体介质至基板表面的任何进水管。

在该实施方式中,该冲洗机构 430 不仅连接至该液体供应源 460,还连接至电源以便提供能量给该传感器 T1。

[0062] 在操作中,该传感器使用来自该电源的能量并且将该能量转换为声能,例如声音能量。该声能被传输至支撑在该承载机构 420 上的该基板。应用于该基板 100 的部分声能作为声波被传输至该基板表面上的该液体介质。应当注意的是,应用于该液体介质的声能的量被细微调整,从而防止在该液体介质中产生空化效应。至该基板的声能可以使该基板振动。该基板和该液体介质处的组合声能努力克服颗粒污染物与该基板表面之间的附着力,由此释放这些颗粒污染物。这些被释放的污染物与该液体介质一起被除去,得到大体上清洁的表面。该化学冲洗剂可被用于在该清洗工艺之后进一步清洗该基板表面。

[0063] 图 3A 所描述的实施方式是示例性的,不应当被理解为限制性的。在一个实施方式中,传感器 T1 可被用于提供均匀的声能至基板表面的多个传感器所取代。在另一个实施方式中,多个传感器可被配置为以多频模式来操作,用以进一步提高应用于该基板的声能的均匀性,以便有效地进行清洗。

[0064] 图 3B 描述了图 3A 中所描述的旋转工具的备用构造。在该实施方式中,传感器 T1 被提供在可动臂 480 上,而非在该承载机构内部。该可动臂 480 被配置为向上、向下和向旁侧移动,从而可调整该传感器 T1 的位置,用以提供均匀的声能至该基板和该液体介质。该可动臂 480 被连接至电源,从而使该传感器可利用能源来提供声能至该基板和该液体介质。在一个实施方式中,该声能是声音能量形式的。该冲洗机构 430 被用来供应化学冲洗剂至该基板 100,在该基板上方应用液体介质的弯月面。在操作过程中,来自该传感器 T1 的声能被应用于该化学冲洗剂。该化学清洗剂充当耦合剂,并且使该声能传输至该液体介质和该基板 100。应用于该基板 100 和液体介质的该声能可以使该基板 100 振动,并且将声波引入该液体介质内部。来自该基板和该液体介质的声能共同作用,用以通过克服附着力从该基板上释放所述颗粒。这些被释放的颗粒与该液体介质一起被从该基板表面除去,留下大体上清洁的基板。在备选实施方式中,可动臂 480 可包括进水管,用以供应液体介质至基板。在该实施方式中,以如下方式来提供该传感器 T1,即,使该传感器 T1 不覆盖供应该液体介质的该进水管。该传感器 T1 的作用类似于参考图 3B 所讨论的实施方式。

[0065] 图 3C 描述了在本发明的一个实施方式中,对该冲洗机构 430 以及带有图 3B 所描述的该传感器 T1 的可动臂 480 的操作。在该实施方式中,带有该基板 100 的该承载机构被配置为利用图 3B 所示的电动机机构 440 沿轴旋转。该冲洗机构 430 起初放置在该基板 100 的中心,并且当通过该承载机构 420 使该基板绕轴旋转时,该冲洗机构 430 缓慢地向该基板 100 的外缘移动。当该冲洗机构 430 向外移动时,离心力把该液体介质和该化学冲洗剂推向外周边,由此从中心向外地清洗该基板。带有该传感器 T1 的可动臂 480 在该中心附近靠近该冲洗机构 430 放置,并且向该基板 100 的外周边缓慢移动,如图 3B 所示。来自该传感器 T1 的声能通过由该冲洗机构 430 供应的化学冲洗剂被应用于该液体介质和该基板 100,并且共同作用以从该基板表面释放颗粒。这些被释放的颗粒与该液体介质连接并且通过作用在该基板表面上的离心力被从该基板表面除去。该冲洗机构 430 和该可动臂 480 的位置可以被认为是示例性的,只要满足本发明的功能性,其它构造也可考虑。

[0066] 图 3D 描述了旋转工具机构的备选实施方式。在本实施方式中,该承载机构 420 不仅被配置为沿轴旋转,还被配置为向上和向下移动。这种构造使得被接收在该承载机构

420 上的该基板能够向上、向下以及围绕旋转轴移动,从而使得在无需将该基板从一个容器移动到另一个容器的情况下,能够实现不同的生产操作,例如清洗和冲洗。该容器 410 被配置为在该清洗和冲洗过程中提供用于该液体介质 470-a 以及用于该化学冲洗剂 470-b 的出口,从而使该液体介质和化学冲洗剂可被回收。该出口 470-a 和 470-b 被连接至相应容器,用以分别在该清洗和冲洗过程之后接收该液体介质和该化学冲洗剂。在这方面,该承载机构 420 首先使该基板 100 位于位置 1,从而使该液体介质以薄膜大体上覆盖该基板表面。在该清洗过程之后,该液体介质与颗粒一起通过第一出口 470-a 被有效除去并且收集在该液体介质容器中。然后,该承载机构被升至位置 2,其中用来自该冲洗机构 430 的该化学冲洗剂对该基板 100 进行处理。当该冲洗过程完成时,该化学冲洗剂通过该出口 470-b 被除去并且收集在该化学冲洗剂容器中。根据所用的化学品的类型,可回收该化学品。该声能可通过该承载机构内部的传感器 T1 来供应,如图 3D 所示,或者可通过位于可动臂 480 内的传感器 T1 来供应,如图 3B 所示。在该基板和该液体介质处的声能共同作用,以便从该基板表面释放这些颗粒。这些被释放的颗粒至少部分地与该液体介质连接,并且在该清洗过程之后被从该基板除去,留下大体上清洁的表面。

[0067] 图 4A 和图 4B 描述了根据本发明的一个实施方式将手工喷流应用与声应用的结果进行对比而得出的颗粒移除效率数据图。正如图 4A 中所看到的那样,声能应用的颗粒移除效率大大高于手工喷流应用所获得的颗粒移除效率。在一个实施方式中,颗粒移除效率 (PRE) 显示出接近约 16% 至 18% 的提高,如从图 4B 可看到的那样。

[0068] 图 5A 和图 5B 描述了在本发明的一个实施方式中,与声辅助清洗技术和标准手工喷流清洗技术有关的后期处理颗粒图。如可看到的那样,与标准手工喷流应用相比,声应用中每单位面积的污染物的量明显更小。另外,可以看出的是,与标准手工喷流相比,使用声能从基板表面除去颗粒相当均匀,并且该颗粒图没有显示出在经历声应用之后,与污染物在该基板表面上的分布相关的非均匀性问题。

[0069] 图 6 描述了在本发明的一个实施方式中,与标准手工喷流应用和兆频超声波声能应用相关的颗粒移除效率 (PRE) 条形图。如可看到的那样,对于标准手工喷流应用来说,采用液体介质 (例如液体介质化学品,例如部分水解的聚丙烯酰胺),对于尺寸大于 90 纳米 (nm) 的污染物,该 PRE 显示约 79% 的效率。如所示的那样,声应用的该 PRE 随着应用于该表面的声能的功率的变化而变化,当 $5\text{W}/\text{cm}^2$ 的组合声能被应用于该基板表面和该液体介质时,显示出显著的提高。如所示的那样,该 PRE 从效率约为 79% 提高到效率约为 98%。然而,应当理解的是,必须仔细选择该声能,以便获得高的 PRE 同时确保不将损坏引入形成在该基板上的特征内。这种损坏可归因于空化效应。因此,仔细监测声能的应用和液体介质的恰当选择,以便能够实现最佳的颗粒移除效率,同时防止空化效应并且保持形成在该基板上的特征属性。

[0070] 图 7A 至图 7C 描述了在本发明的一个实施方式中,与清洗工艺中以不同功率级所应用的 1MHz 声能相关的损坏数据。正如可看到的那样,与应用于基板的声能相关的功率级在很大程度上决定了引入到具有较高的颗粒移除效率 (PRE) 的基板上的损坏量。就应用于基板-液体介质-污染物界面的 $5\text{W}/\text{cm}^2$ 的声能 (AE) 功率而言,大约 30,000 损坏被引入,同时使 PRE 提高约 18%,如图 7A 所示。就 $0.7\text{W}/\text{cm}^2$ 的 AE 功率而言,约 500 损坏被引入,如图 7B 所示,以及就 $0.3\text{W}/\text{cm}^2$ 的 AE 功率而言,零损坏被引入,同时仍然使 PRE 提高约 5%,如

图 7C 所示。所引入的 AE 的量根据所需 PRE 的量被优化,同时使被引入到该基板上的损坏的量最小化。

[0071] 图 8A 和图 8B 描述了在本发明的一个实施方式中,基于声能应用试验的颗粒移除效率。如所示的那样,声能的引入可提高 PRE,并且该提高取决于已经可从传统清洗工艺中得到的初始 PRE。如所示的那样,在可得到的较低的 PRE 状况(40%)中,应用声能将 PRE 从传统的标准手工喷流清洗工艺算起提高了约 10%。在中等或高 PRE 状况(80%和 95%)中,应用声能将 PRE 从传统的手工喷流应用算起分别提高了约 4%和 1.5%。随着特征大小的持续减小,需要的是将 PRE 等级提高到接近 100%,并且选择和应用适当的声能够实现所需的 PRE 结果。

[0072] 示例性的邻近的头及其各自的构造,以及进水管和排水管的样式可在美国专利申请第 10/261,839 号、第 10/404,270 号以及第 10/330,897 号中看到。因此,在此所述的任意、一些、或所有邻近的头均能以任何适当的构造被用于恰当的基板清洗和干燥。另外,该邻近的头也可以具有任意合适数量和形状的排水管和进水管。此外,传感器 406 可为任何恰当的大小、形状和数量,只要该传感器 406 可将声能应用于该基板并将声波引入至弯月面 116。应当理解的是,该传感器 406 可位于冲洗头 106c 的任何合适的区域或者分配头 106b 的任何合适的区域等,只要该传感器 406 能够将声波应用于该弯月面 116。因此,该传感器 406 可将声波,例如超声波和 / 或兆频超声波,应用于如上参考图 2A 至图 2E 和图 3 所述的该弯月面 116。因此,通过使用恰当的液体介质和声能,对基板表面的清洗能够明智地得以优化和增强。

[0073] 根据化学结构和组成来仔细选择该液体介质。在一个实施方式中,用于清洗具有限定集成电路元件的特征的基板的典型的液体介质包括分子量大于或等于 500,000g/mol 的聚合物,例如聚丙烯酰胺(PAM)。该液体介质被限定为大体上呈液相形式。当归因于应用声能的力被施加到覆盖该基板的该液体介质上时,该液体介质损坏形成在该基板表面上的特征的形状。该液体介质被应用于该基板表面,用以从该表面移除污染物而基本不损坏表面上的所述特征。在该液体介质被应用于该基板表面上之前,该液体介质基本上没有磨料颗粒。关于用于清洗基板的液体介质的更多信息,可参考 2007 年 12 月 14 日提交的、申请号为 61/013950 的、题为“MATERIALS AND METHODS FOR PARTICLE REMOVAL BY SINGLE-PHASE AND TWO-PHASE MEDIA(利用单相和两相介质来移除颗粒的材料和方法)”并且被转让给本申请的受让人的美国临时申请。

[0074] 在一个实施方式中,在不损坏特征的情况下,就能最佳地除去污染物的液体介质的属性包括:流速为约 5ml 每分钟至约 500ml 每分钟,最佳流速为约 100ml 每分钟,压强为约 0psi 至约 50psi。基板与邻近的头的最佳距离介于约 0.3mm 至约 3mm,最佳距离介于约 0.5mm 至 1mm。显示出最佳结果的兆频超声波声能介于约 10KHz 至约 10MHz。就高频声能而言,应用机制是通过微流作用和空化效应。对于较低频率的声能来说,应用机制是不同的。在低频率下,该声能被耦合至该液体介质,这引起该液体介质在当所应用的声能的频率与弛豫时间的频率相似时,对该声波作出响应。在低频率下已经显示出最佳结果的该声能介于约 1Hz 至 1KHz 之间。在一个实施方式中,声能的频率与该液体介质的弛豫时间的倒数相当。例如,如果该液体介质的弛豫时间是 1 秒,那么声能的频率可为大约 1Hz。

[0075] 该液体介质包含溶剂以及用于改变该液体介质的酸碱度(pH)值的缓冲剂。该缓

冲剂和该溶剂构成用于清洗该基板的该液体介质。聚合物在该液体介质溶剂中变得可溶。所得到的液体介质具有小于 1ppb(十亿分率)的金属污染物,并且 pH 值介于约 7 至约 12 之间。溶解的聚合物具有长聚合物链,用以至少部分地与从该基板表面移去的污染物连接或发生交互作用并且成功地包埋这些污染物。

[0076] 现在参考图 9 描述采用声能清洗基板表面的方法。该方法开始于选择和应用液体介质,以便大体上覆盖该基板表面部分,如操作 910 所述。能以液体弯月面来提供该液体介质或者在带有腔的槽中提供该液体介质,该基板可被浸渍在该腔内,以便大体上覆盖该基板表面。可通过如下方式来选择该液体介质,即,使得化学结构能够与从该基板表面释放的污染物至少部分地连接或发生交互作用。在一个实施方式中,邻近的头被用于以弯月面来引入液体介质。通过一个或多个传感器将声能应用于该液体介质和该基板,如操作 920 所述。通过如下方式来选择所述传感器,即,使它们能够将该声能(AE)引入该基板以及经由该基板进入该液体介质,从而使得该声能不在该液体介质内引起任何空化效应,并且能够对引入到该液体介质内的声波提供最大波位移。在该声能存在的情况下,由于该液体介质和该基板的声学性能上的差异,被吸收在该基板上的目标污染物经受力。该声学性能上的差异归因于该液体介质和该基板的固有特性,例如声速和位移幅度。这些污染物所经受的该组合的力帮助从该基板移去这些污染物,如操作 930 所述。随着这些被移去的污染物与该液体介质至少部分地连接或发生交互作用,并被该液体介质包埋以及与该液体介质一起被及时除去(如操作 940 所述),该过程结束。该过程可以随着又一个基板的清洗而继续。尽管这些实施方式已经对清洗单个基板进行了详细描述,这些实施方式还可用于清洗成批基板。

[0077] 虽然已经就几个优选实施方式对本发明进行了描述,应当理解的是,所属领域的技术人员通过阅读前述说明书和研究附图将能够实现对本发明的各种更改、添加、置换和等同。因此,意图在于,本发明包括落入本发明真正实质和范围内的所有这些更改、添加、置换和等同。

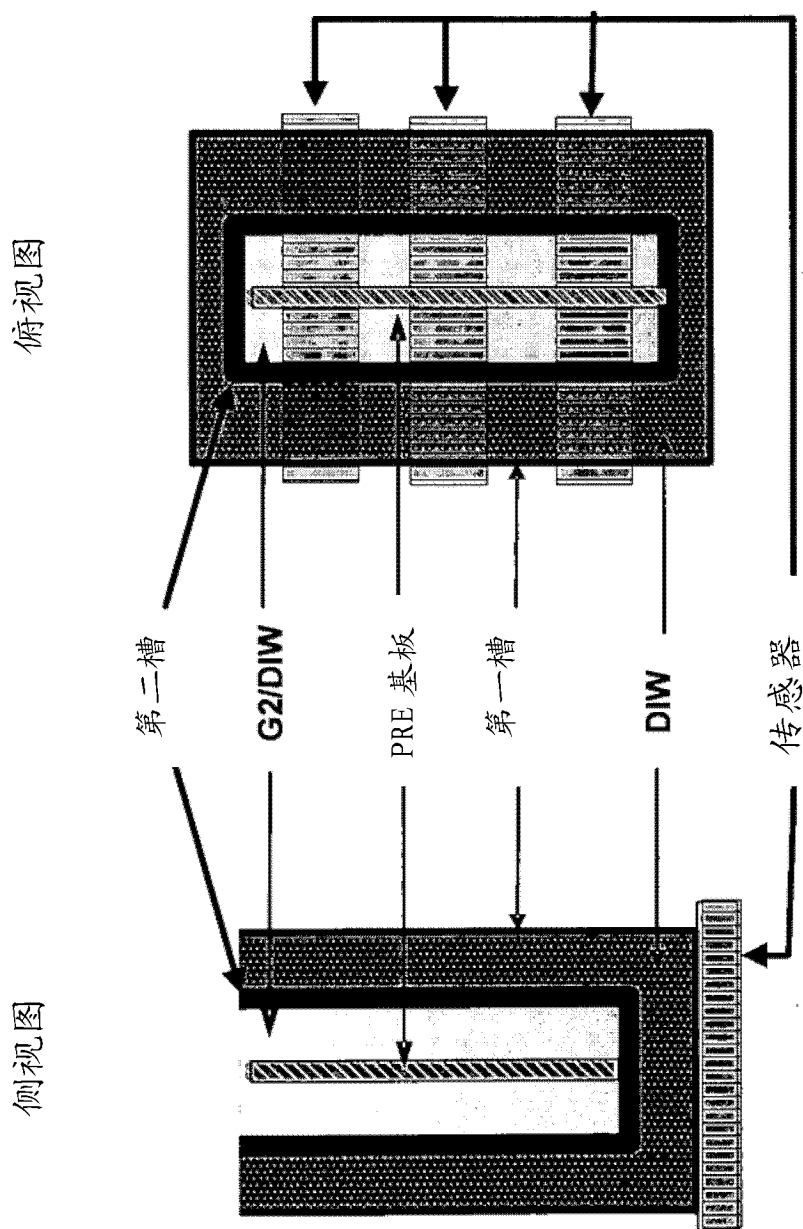
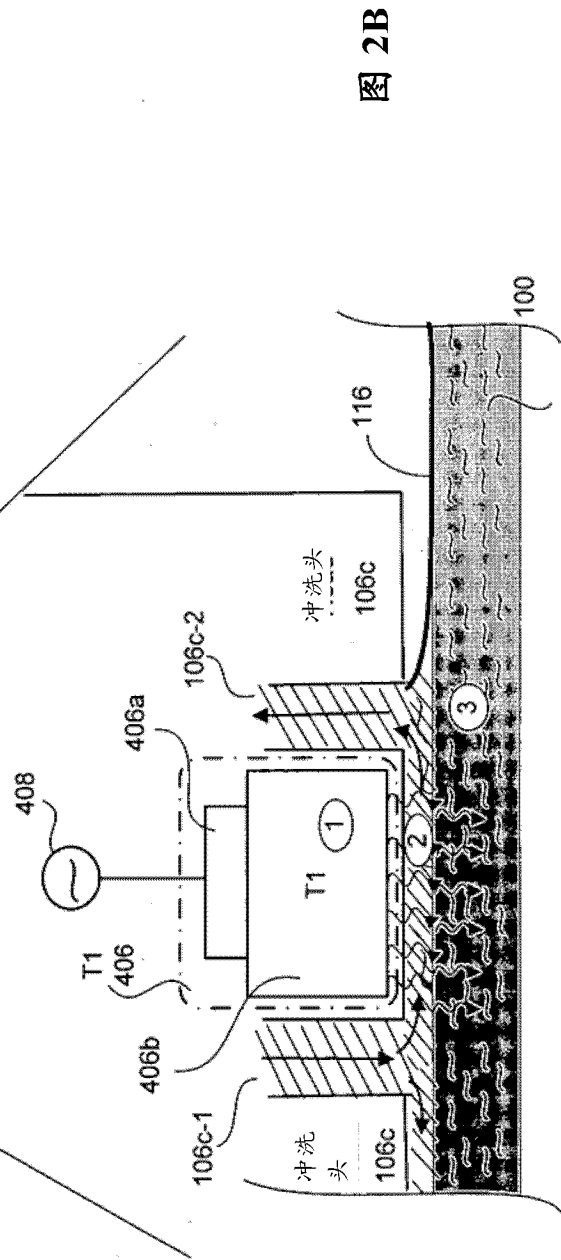
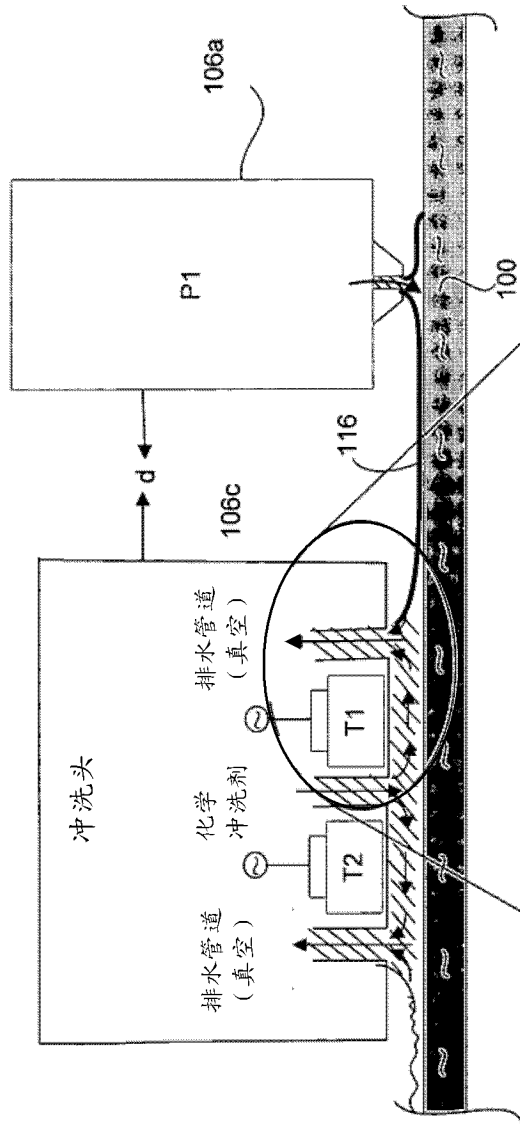


图 1B

图 1A



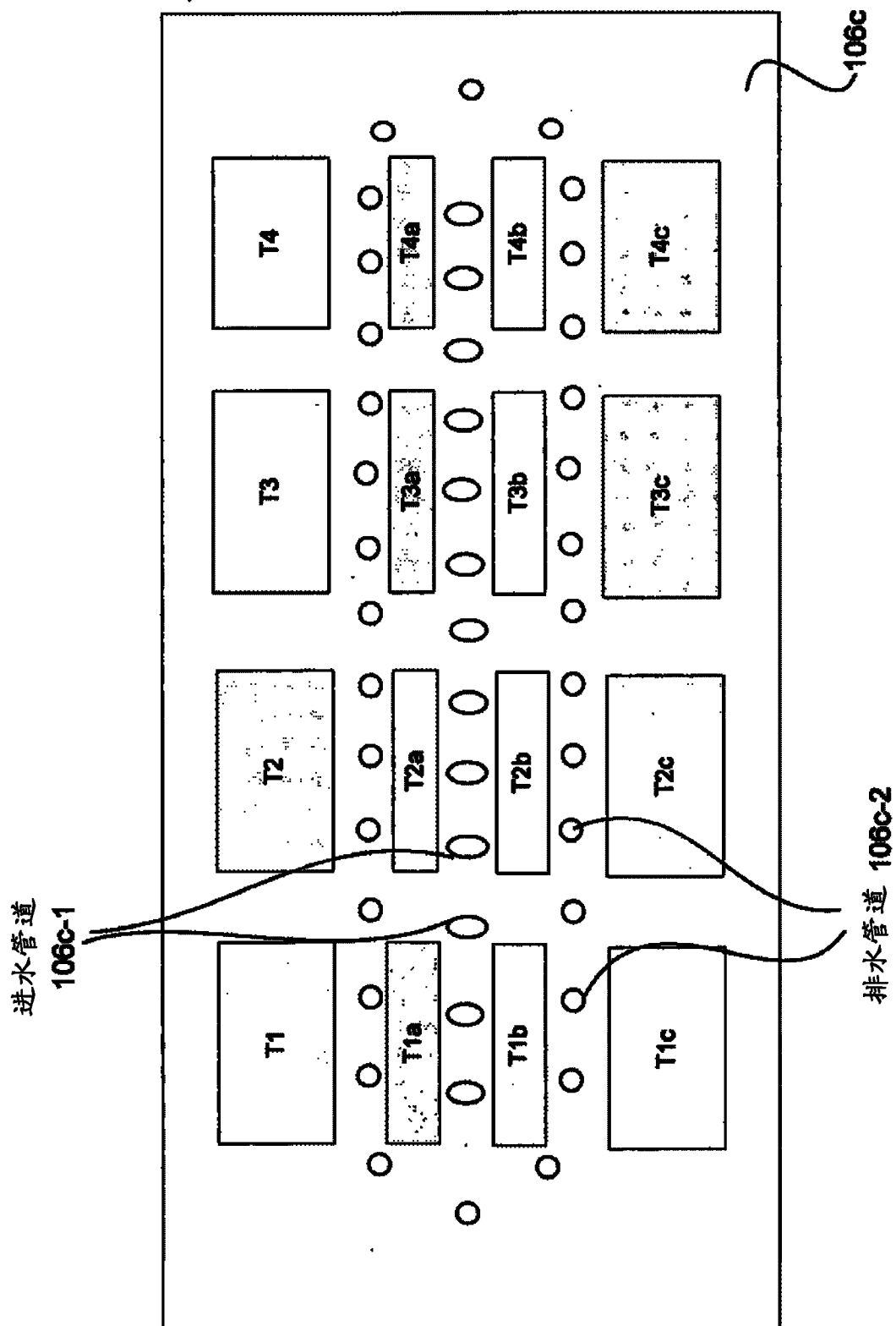


图 2C

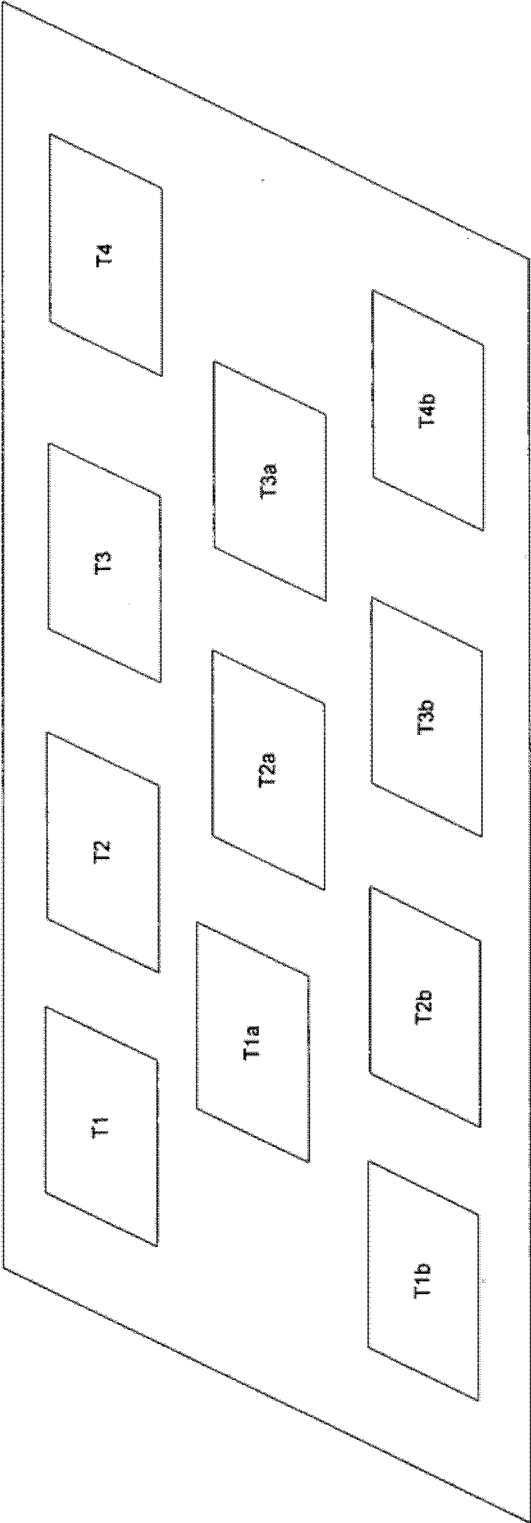


图 2D

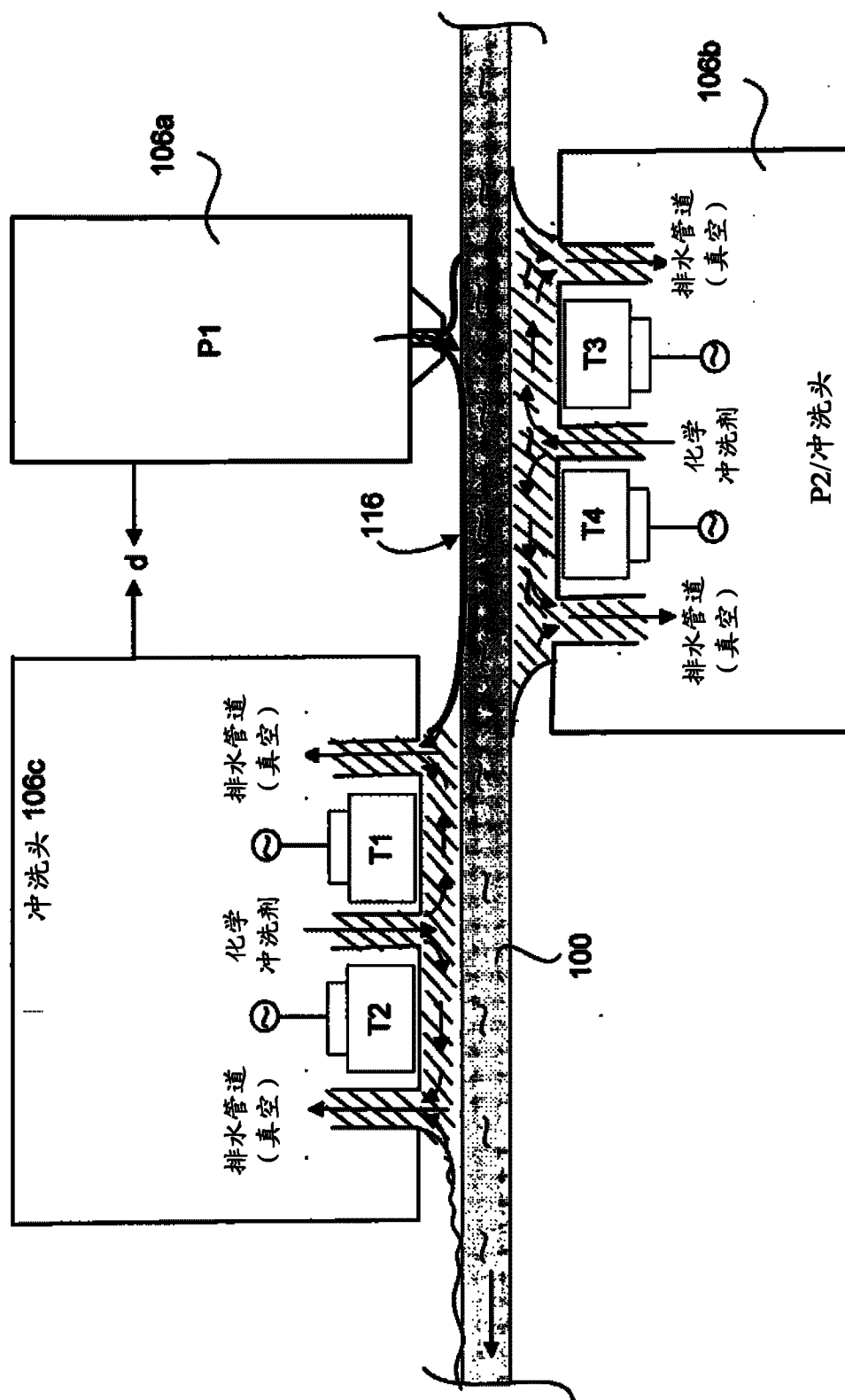


图 2E

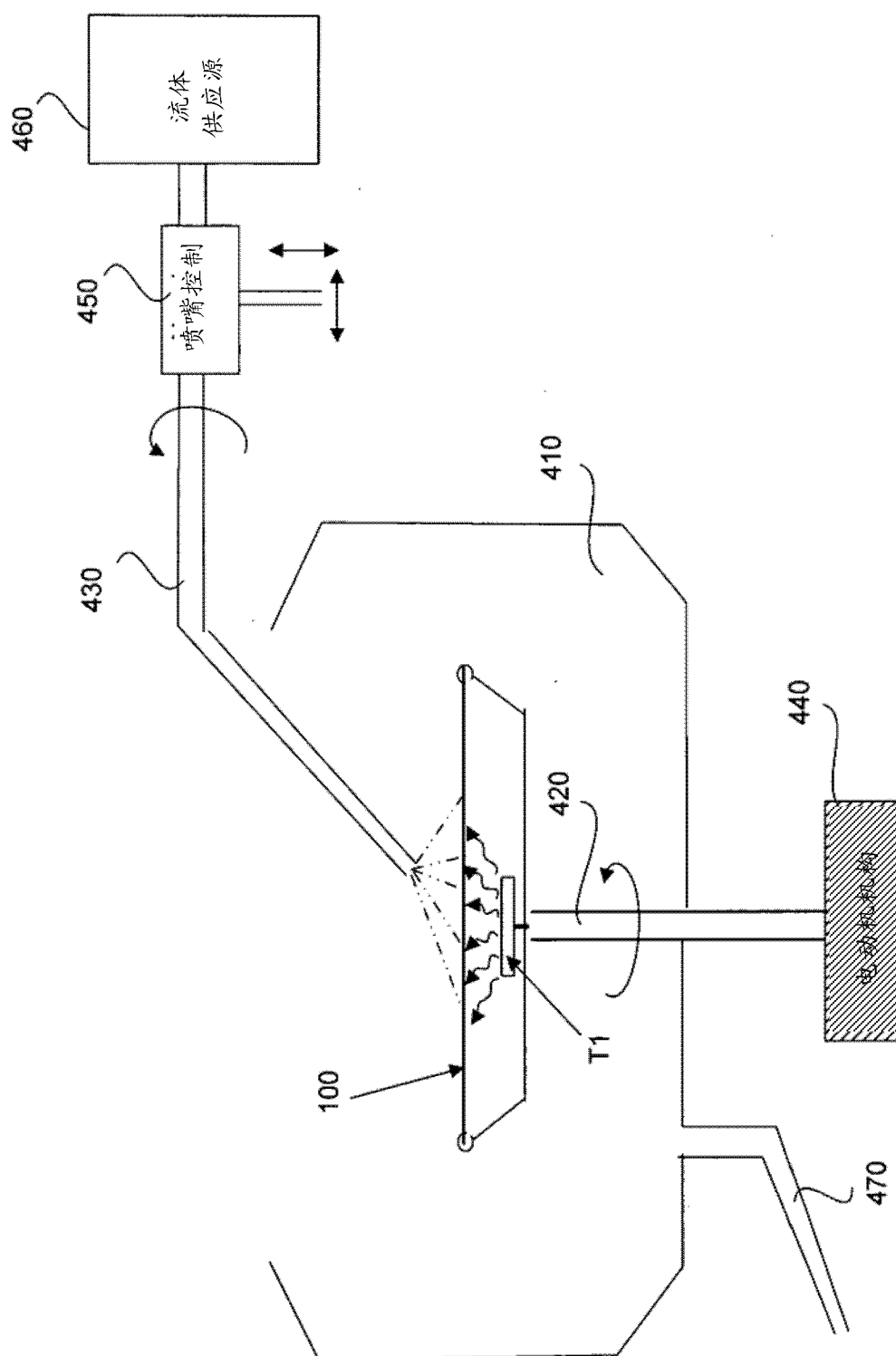


图 3A

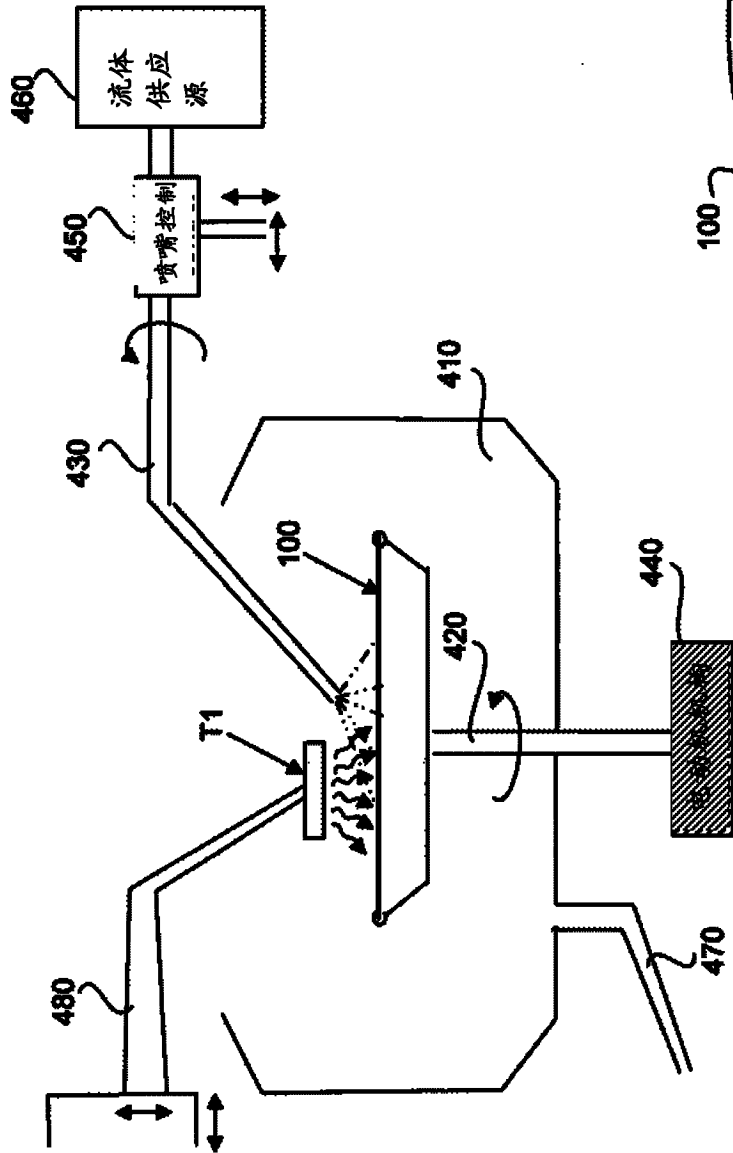


图 3B

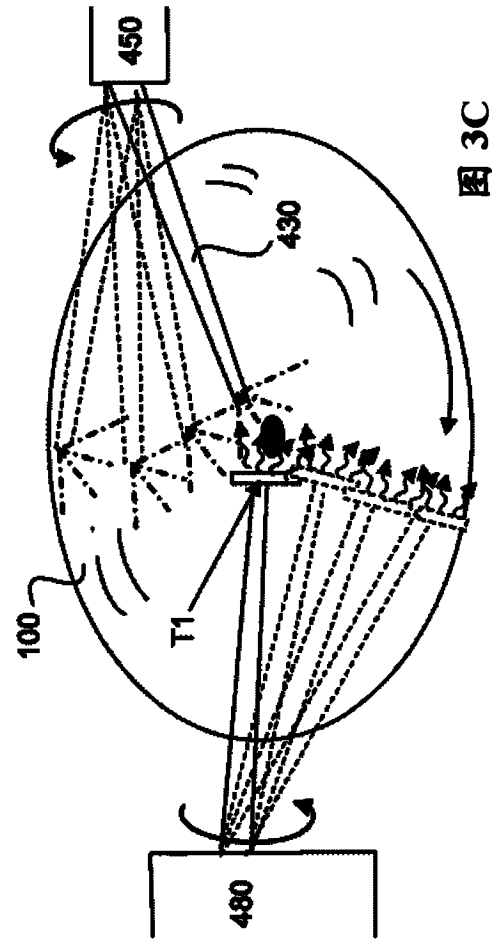


图 3C

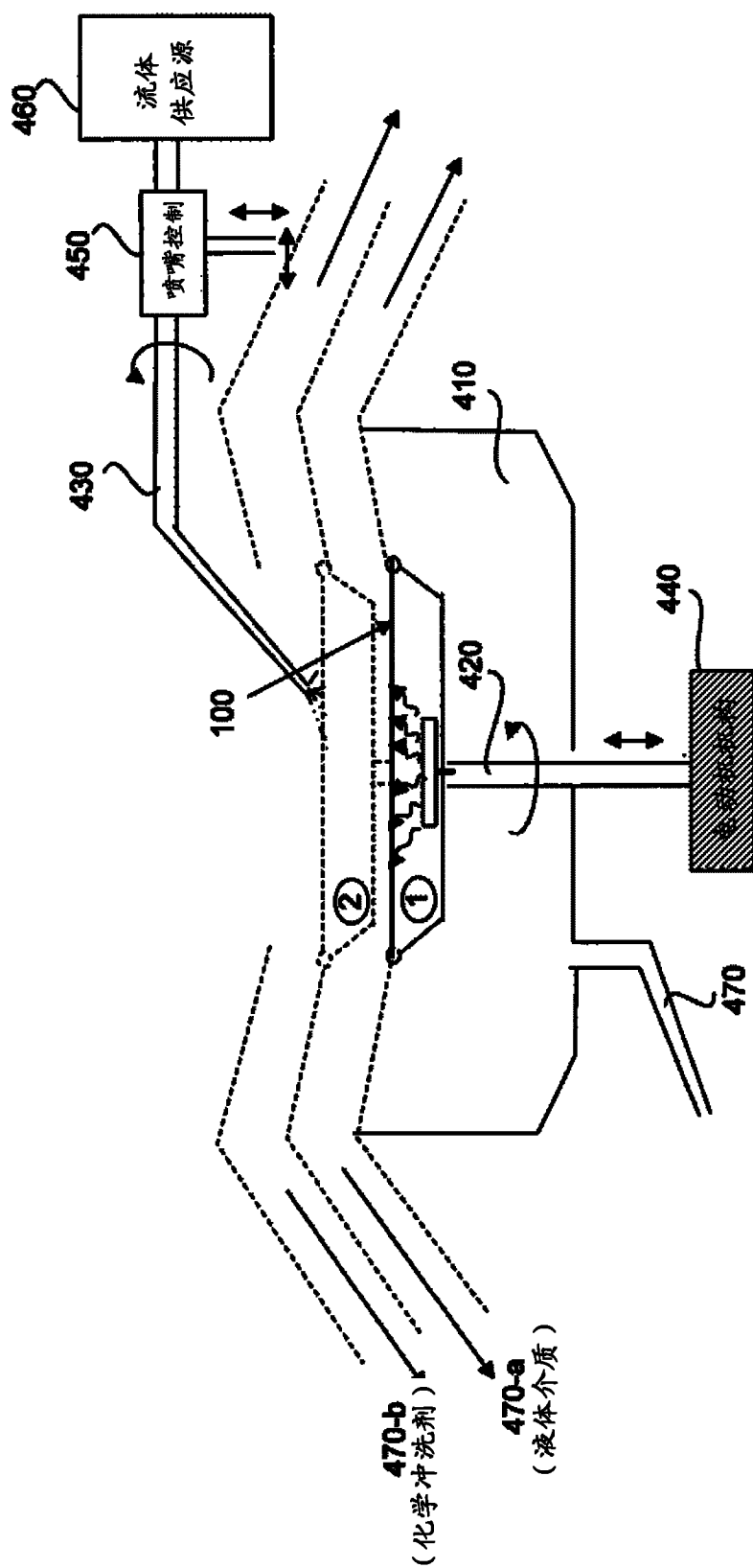


图 3D

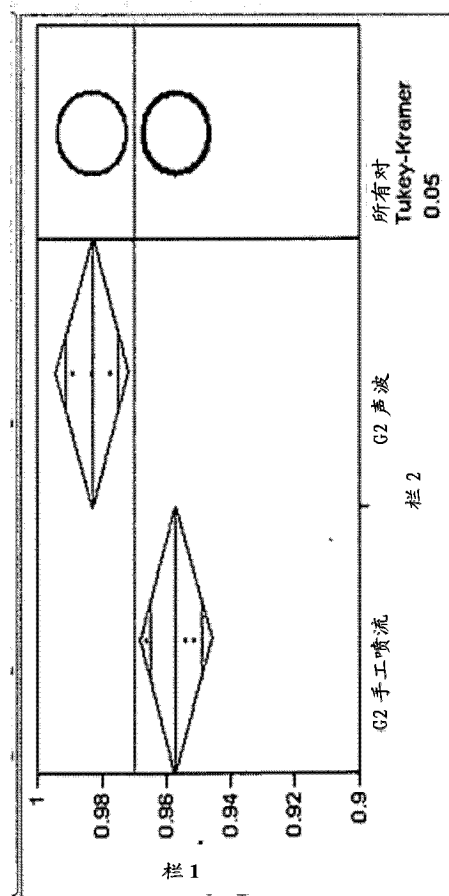


图 4A

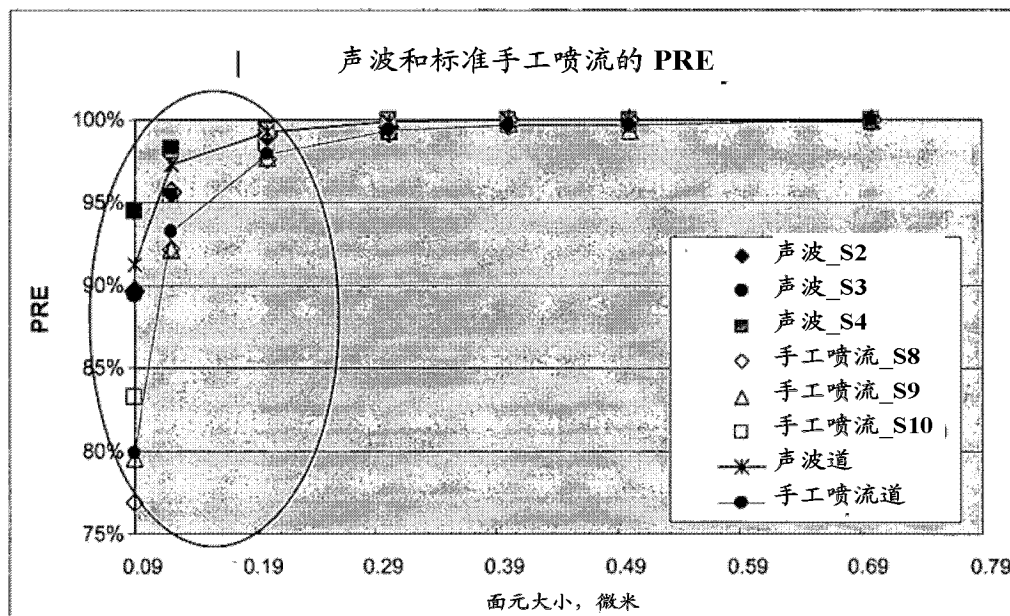


图 4B

声

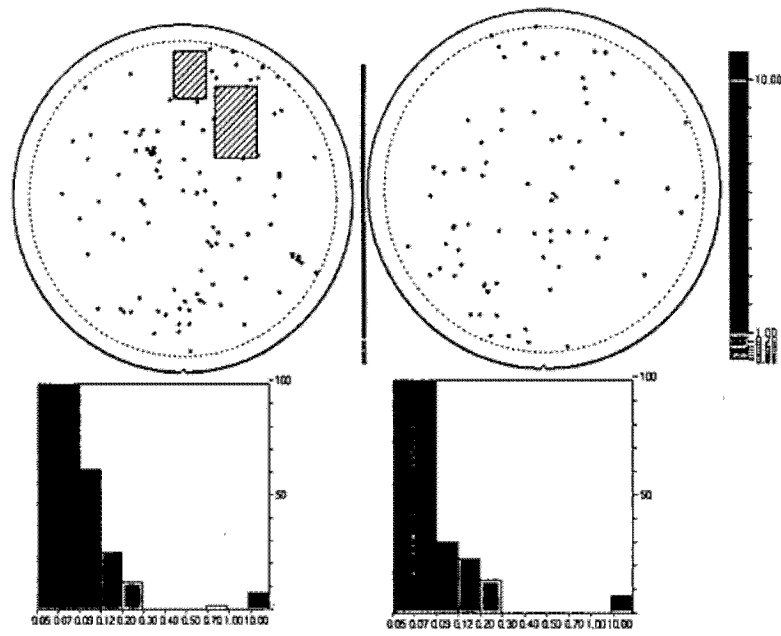


图 5A

标准手工喷流

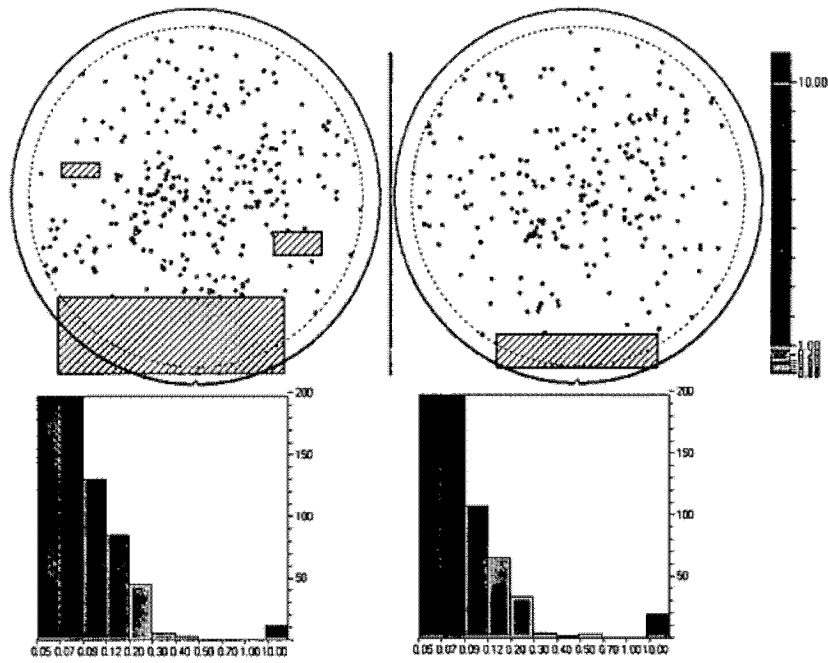


图 5B

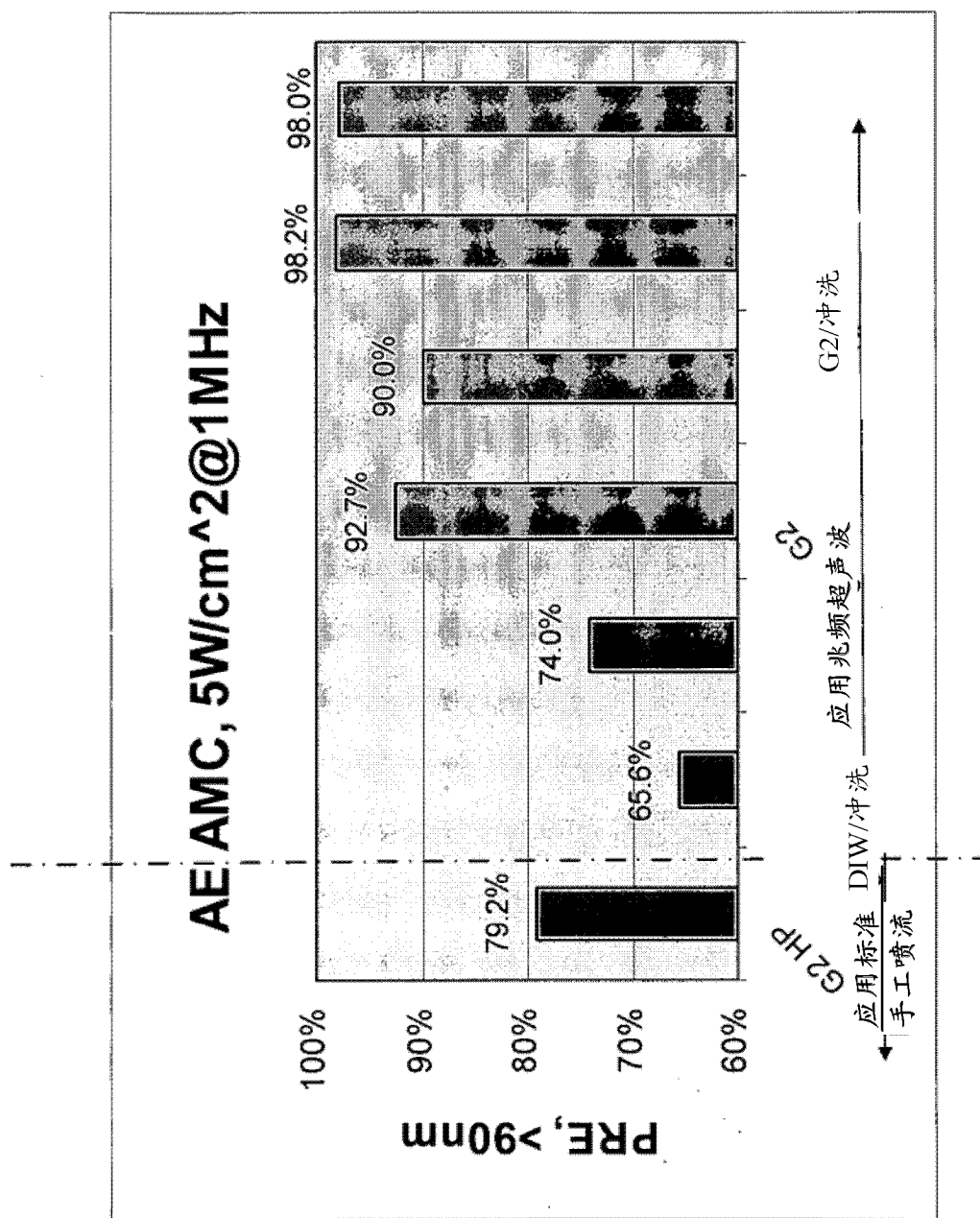


图 6

损坏数据 — 各种功率设定下, 1MHz

■ 声能功率与损坏的对比:

5W/cm² ~ 30I 损坏 → 0.7W/cm² ~ 500 损坏 → 0.3W/cm² ~ 0 损坏

+18% PRE

+5% PRE

损坏

损坏

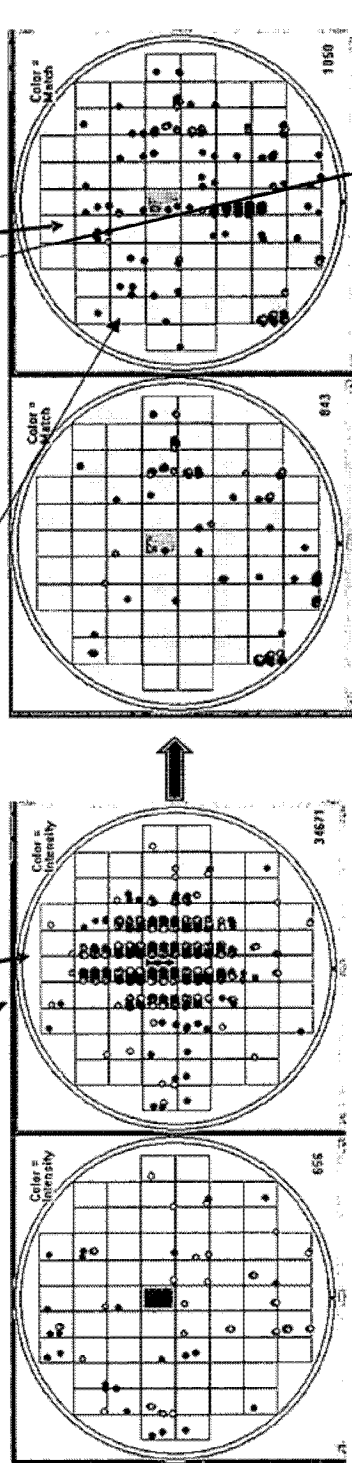


图 7a

图 7b

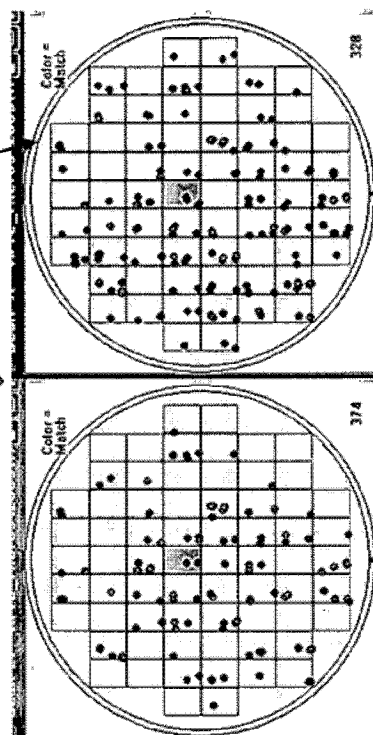


图 7c

功率高的声能造成具有较高 PRE 的损坏

图 8A

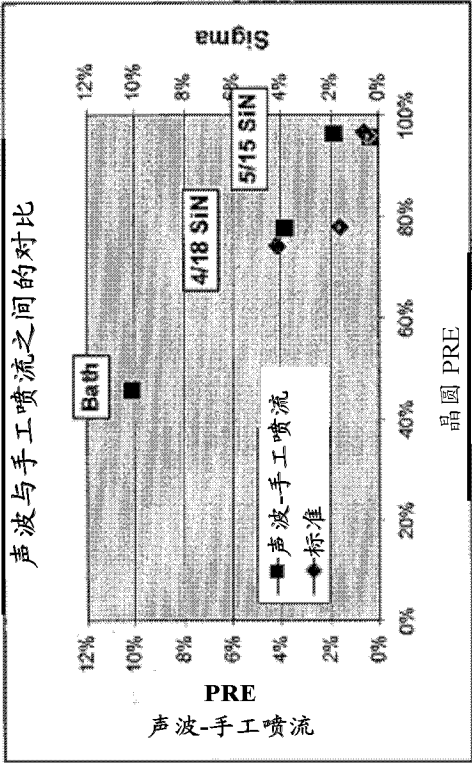
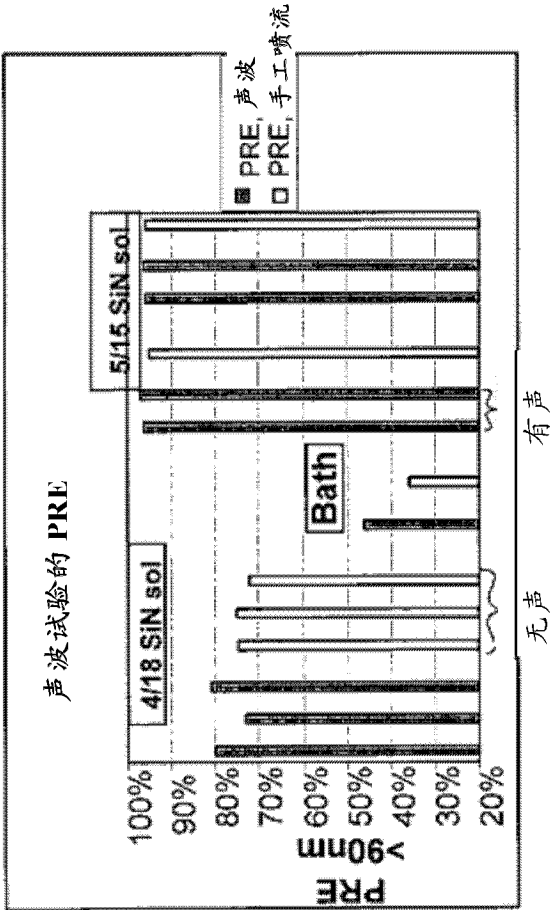


图 8B

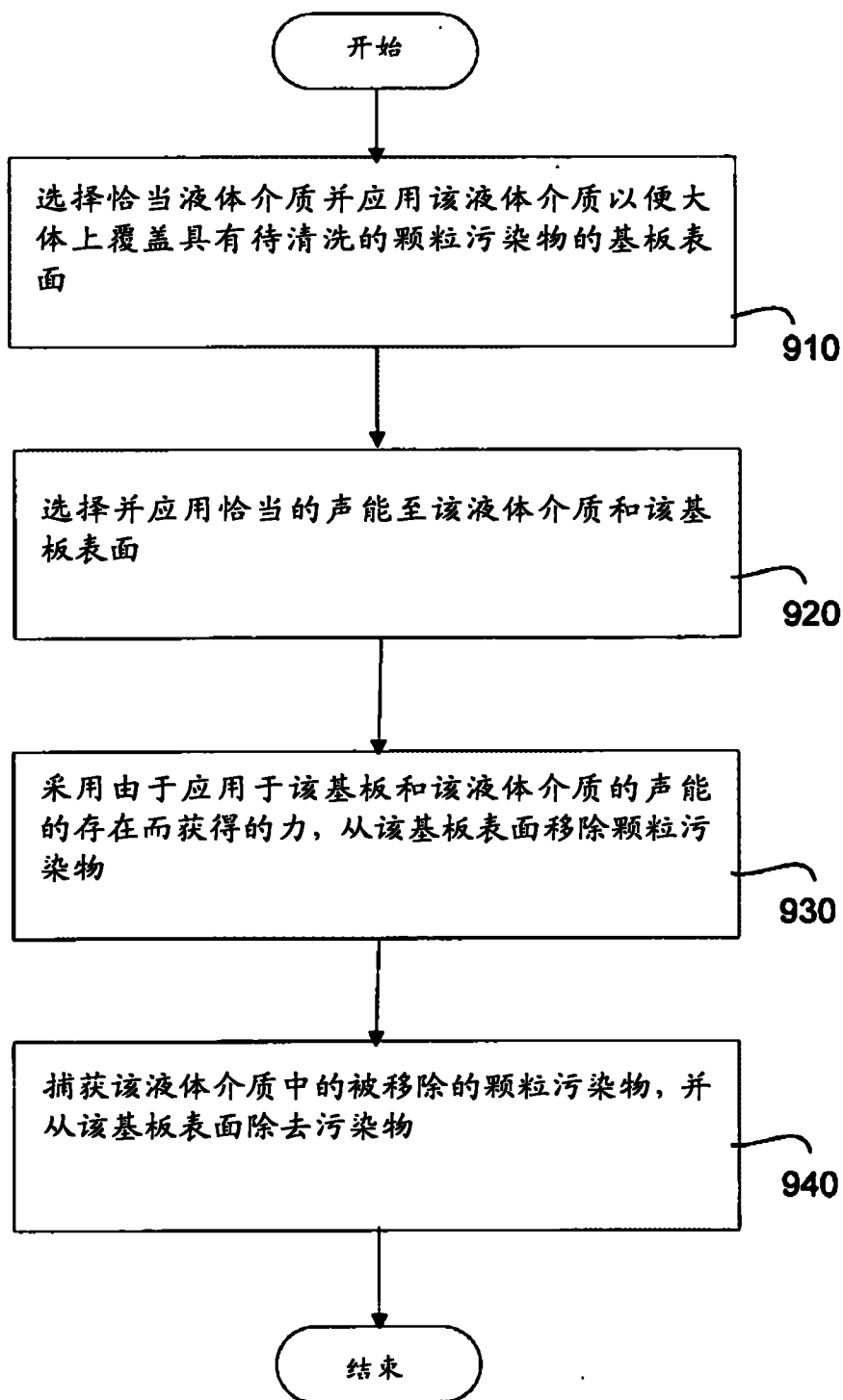


图 9