



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102763198 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 31

(21) 申请号 201080042932. 2

代理人 柳春雷

(22) 申请日 2010. 09. 09

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H01L 21/3065(2006. 01)

61/245, 869 2009. 09. 25 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 03. 26

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2010/048269 2010. 09. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02011/037757 EN 2011. 03. 31

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 罗伊·C·南古伊

萨拉弗野特·辛加 乔恩·C·法

夏尔马·V·帕马斯

阿杰伊·库马尔

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理

有限责任公司 11258

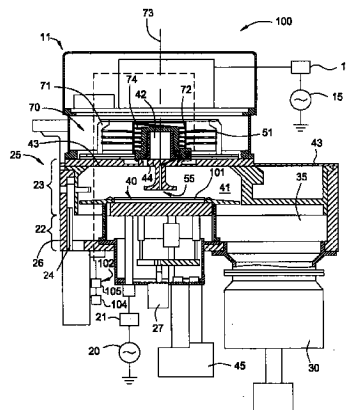
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 9 页

(54) 发明名称

感应耦合等离子体反应器中的高效气体离解的方法和设备

(57) 摘要

本发明的实施例涉及用于以改良的等离子体离解效率将处理气体提供至处理腔室的方法和设备。本发明的一个实施例提供挡板喷嘴组件,该挡板喷嘴组件包括外部主体,外部主体限定连接至处理腔室的延伸容积。处理气体经过延伸容积流至处理腔室,延伸容积暴露至用于等离子体产生的功率源。



1. 一种挡板喷嘴组件,其包括:

外部主体,其限定内部容积,其中,所述外部主体具有第一入口通道,所述第一入口通道开到所述内部容积并适于与气体源连接,并且所述外部主体具有出口;

入口挡板,其设置在所述内部容积中、并将所述内部容积划分为第一容积和第二容积,其中,所述第一入口通道在接近所述第一容积的第一端处开出,一个或多个开口位于接近所述第一容积的第二端处,并且所述一个或多个开口连接所述第一容积和所述第二容积;以及

出口挡板,其设置在所述外部主体的所述出口的上方,其中,所述出口挡板具有一个或多个第一穿孔,所述一个或多个第一穿孔开到所述内部容积的所述第二容积,并且所述出口挡板重新引导来自所述第一穿孔的气流。

2. 根据权利要求1项所述的挡板喷嘴组件,其中,所述出口挡板包括:

阻挡板,其设置在所述外部主体的所述出口的上方,其中,所述一个或多个第一穿孔形成在所述阻挡板中;

杆,其从所述阻挡板在与所述外部主体相反的一侧延伸;以及

挡板,其位于所述杆的末端上,其中,所述挡板与所述阻挡板基本平行。

3. 根据权利要求2项所述的挡板喷嘴组件,其中,所述外部主体具有第二入口通道,所述第二入口通道开到所述内部容积并适于与气体源连接,所述入口挡板还将所述内部容积划分出第三容积,并且所述第二入口通道开到所述第三容积。

4. 根据权利要求3项所述的挡板喷嘴组件,其中,所述出口挡板具有中央气体通道和一个或多个旁通通道,所述中央气体通道形成在所述杆中并穿过所述挡板,所述一个或多个旁通通道将所述中央气体通道连接至所述第三容积。

5. 根据权利要求4项所述的挡板喷嘴组件,其中,所述中央气体通道是所述出口挡板中的穿孔,并与所述第二容积流体连通。

6. 根据权利要求1项所述的挡板喷嘴组件,其中,所述外部主体包括限定出所述内部容积的侧壁和顶部,并且所述出口是与所述顶部相对的开口,所述入口挡板包括侧壁,所述入口挡板的侧壁与所述外部主体的侧壁基本平行,所述入口挡板的侧壁将所述内部容积划分为所述第一容积和所述第二容积,所述第一容积由所述外部主体的侧壁和所述入口挡板的侧壁所限定,而所述第二容积由所述入口挡板的侧壁和所述外部主体的所述顶部所限定。

7. 根据权利要求6项所述的挡板喷嘴组件,其中,所述入口挡板的侧壁具有形成在上方侧上的多个槽,并且所述多个槽与所述外部主体的所述顶部形成连接所述第一容积和所述第二容积的所述一个或多个开口。

8. 根据权利要求6项所述的挡板喷嘴组件,其中,所述内部容积是基本圆柱形,并且所述入口挡板是圆柱形侧壁,所述圆柱形侧壁具有形成在外侧的螺旋形沟槽,所述螺旋形沟槽允许有在所述第一容积中的涡流。

9. 一种衬底处理系统,其包括:

腔室主体,其限定处理容积,其中,所述腔室主体包括:

侧壁;以及

盖,其中,所述盖具有中央开口,所述中央开口适于将处理气体引导至所述处理容积;

螺线管线圈天线,其设置在所述腔室主体外侧且位于所述盖上方,其中,所述螺线管线圈天线形成内部天线容积、并与所述中央开口同轴;以及

根据权利要求 1 至 8 中任一权利要求的挡板喷嘴组件,其耦接至所述盖的所述中央开口、并部分地设置在所述内部天线容积中。

10. 根据权利要求 9 所述的衬底处理系统,其中,所述螺线管线圈天线包括一个或多个导体,所述导体缠绕为螺旋形,并且所述内部天线容积是基本圆柱形。

11. 一种处理衬底的方法,其包括如下步骤:

将衬底定位在根据权利要求 9 或 10 的处理腔室的处理容积中;

将第一处理气体流经外部主体而到达所述处理容积;以及同时

将等离子体功率源施加至螺线管线圈天线,以在所述外部主体的内部容积和所述处理容积两者内产生所述第一处理气体的等离子体。

12. 根据权利要求 11 项所述的方法,其中,将所述第一处理气体流经所述内部容积而至所述处理容积的步骤包括:

将所述第一处理气体流经设置在所述内部容积中的入口挡板;以及

使用设置在盖的中央开口下方并位于所述处理容积内的出口挡板,来重新引导从所述内部容积流出的所述第一处理气体。

13. 根据权利要求 12 项所述的方法,还包括:在将所述第一处理气体流经所述内部容积而到达所述处理容积的同时,使所述第一处理气体流经旁通通道到达所述处理容积、而不用经过所述内部容积。

14. 根据权利要求 11 项所述的方法,其中,将所述等离子体功率源施加至所述螺线管线圈天线以在所述内部容积和所述处理容积两者内产生所述第一处理气体的等离子体的步骤包括:通过增加所述螺线管线圈天线的尺寸、或者通过增加所述等离子体功率源的功率水平,来降低所述第一处理气体的离解率。

15. 根据权利要求 11 项所述的方法,其中,将所述等离子体功率源施加至所述螺线管线圈天线以在所述内部容积和所述处理容积两者内产生所述第一处理气体的等离子体的步骤包括:通过增加所述螺线管线圈天线的尺寸,来提高所述处理容积中的等离子体均匀性。

感应耦合等离子体反应器中的高效气体离解的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明的实施例一般地涉及衬底处理系统以及相关的衬底处理,例如蚀刻/沉积处理。更具体地,本发明的实施例涉及用于以改良的等离子体离解效率将处理气体提供至处理腔室的方法和设备。

背景技术

[0002] 微电子装置的制造包括多个不同的阶段,每个阶段包括多种处理。在一个阶段的过程中,具体的处理可以包括将等离子体传至衬底(例如硅衬底)的表面,以改变衬底的物理和材料特性。该处理可以被认为是蚀刻,蚀刻可以包括移除材料以在衬底中形成孔洞、通孔(via)和/或其它开口(在此称为“沟槽”)。

[0003] 等离子体蚀刻反应器一般用于在半导体衬底中蚀刻沟槽。这些反应器包括腔室,在腔室中支撑衬底。将至少一个反应性气体提供至腔室,且将射频信号耦合至该反应性气体以形成等离子体。等离子体对定位在反应器中的衬底进行蚀刻。衬底还可以耦合至射频信号以在蚀刻过程中对衬底加偏压,来改进蚀刻性能与沟槽轮廓。

[0004] 这些沟槽轮廓通常需要不同的临界尺寸(critical dimension)。临界尺寸包括宽度、深度、深宽比(aspect ratio)、光阻选择性、侧壁的粗糙度和侧壁的平坦度。这些临界尺寸可以受到各种因素的控制,而这些因素中的二者是蚀刻时间与蚀刻速率,而蚀刻时间与蚀刻速率又进一步取决于被蚀刻的材料和所使用的蚀刻系统的类型。

[0005] 一种特别重要的材料是硅。硅通孔(through silicon via,“TSV”)蚀刻是一种独特的应用,该应用需要低频偏压和低温环境以在硅衬底中形成深沟槽。然而,在制造过程中,硅通常会被多层其它材料所覆盖,例如沉积在硅上的氧化物层与金属层。氧化物和金属包括与硅不同的蚀刻需求,例如高频偏压。此外,在沉积处理过程中,当形成沟槽时,可以在蚀刻处理之前将薄膜聚合物层沉积在衬底的层上,以保护沟槽侧壁。该聚合物层可进一步包括与氧化物、金属或硅层不同的蚀刻需求。这些不同的需求会影响并增加所使用的蚀刻系统类型的复杂度。

[0006] 一种类型的蚀刻系统可包括原位等离子体蚀刻。使用此第一类型的蚀刻系统,可以通过使用移除等离子体和沉积等离子体在单一反应器中交替地在衬底上进行材料的移除与沉积,而形成沟槽。另一种类型的蚀刻系统可包括远程等离子体蚀刻。使用此种第二类型的蚀刻系统,除了在将等离子体引导至定位在主要反应器中的衬底上之前、在远程反应器中产生等离子体之外,可以如原位系统中一样形成沟槽。除了蚀刻系统的类型以外,用各个系统所进行的蚀刻处理也可改变。某些蚀刻处理利用多处理方法(例如时间多元气体调制(time multiplexed gas modulation;“TMGM”)系统或是博世系统(Bosch system)),该多处理方法包括多种配方处理(例如蚀刻和沉积处理,或是蚀刻、闪蒸(flash)和沉积处理)。TMGM处理对材料进行蚀刻达一段时间,并接着在先前蚀刻的表面上沉积保护膜以保护该表面(通常为沟槽的侧壁)不受到进一步的蚀刻。当形成愈来愈深的沟槽时,这两种处理可以重复。当在不同的材料层中形成不同的沟槽轮廓时,不同类型的蚀刻系统与处理

具有特定的优点与缺点。

[0007] 在蚀刻系统中的材料蚀刻速率通常是源功率的函数。因为更高的源功率会导致处理气体的更高离解率 (dissociation rate), 所以可以利用更高的源功率来实现更高的蚀刻速率。

[0008] 本发明的实施例通过在不增加源功率的前提下获得处理气体的更高离解率来增加蚀刻速率, 因此增加蚀刻系统的效率。

发明内容

[0009] 本发明的实施例一般地涉及衬底处理系统以及相关的衬底处理, 例如蚀刻 / 沉积处理。更具体地, 本发明的实施例涉及用于以改良的等离子体离解效率将处理气体提供至处理腔室的方法和设备。

[0010] 本发明的一个实施例提供挡板喷嘴组件, 该挡板喷嘴组件包括: 外部主体, 其限定内部容积, 其中, 外部主体具有第一入口通道, 第一入口通道开到内部容积并适于与气体源连接, 并且外部主体具有出口; 入口挡板, 其设置在内部容积中、并将内部容积划分为第一容积和第二容积, 其中, 第一入口通道在接近第一容积的第一端处开出, 一个或多个开口位于接近第一容积的第二端处, 并且一个或多个开口连接第一容积和第二容积; 以及出口挡板, 其设置在外部主体的出口的上方, 其中, 出口挡板具有一个或多个第一穿孔, 一个或多个第一穿孔开到内部容积的第二容积, 并且出口挡板重新引导来自第一穿孔的气流。

[0011] 本发明的另一个实施例提供衬底处理系统, 该衬底处理系统包括: 腔室主体, 其限定处理容积, 其中, 腔室主体包括侧壁以及盖, 其中, 盖具有中央开口, 中央开口适于将处理气体引导至处理容积。该衬底处理系统还包括: 第一螺线管线圈天线, 其设置在腔室主体外侧并位于盖上方, 其中, 第一螺线管线圈天线与中央开口同轴; 以及挡板喷嘴组件, 其耦接至盖的中央开口。其中, 挡板喷嘴组件包括: 腔室延伸部, 其设置在盖上方并覆盖盖的中央开口, 其中, 第一螺线管线圈天线围绕腔室延伸部, 腔室延伸部限定延伸容积, 延伸容积经由盖的中央开口与处理容积流体连通, 腔室延伸部具有开到延伸容积并适于与气体源连接的第一入口通道; 气体挡板喷嘴, 其设置在延伸容积中并将延伸容积划分为第一容积与第二容积, 其中, 第一入口通道在接近第一容积的第一端处开出, 一个或多个开口位于邻近第一容积的第二端处, 并且一个或多个开口连接第一容积与第二容积; 以及等离子体挡板, 其设置在盖的中央开口中, 其中, 等离子体挡板具有一个或多个第一穿孔, 一个或多个第一穿孔开到延伸容积的第二容积, 并且等离子体挡板重新引导来自一个或多个第一穿孔的气流。

[0012] 本发明的另一个实施例提供处理衬底的方法, 该方法包括: 将衬底定位在处理腔室的处理容积中, 其中, 处理腔室包括: 限定出处理容积的侧壁和盖; 螺线管线圈天线, 其设置在腔室主体的外侧; 以及腔室延伸部, 其设置在盖上方并且被螺线管线圈天线所围绕, 其中, 腔室延伸部限定出延伸容积, 延伸容积经由挡板喷嘴组件与处理容积流体连通。该方法还包括: 将第一处理气体流经外部主体而到达处理容积; 以及同时将等离子体功率源施加至螺线管线圈天线, 以在外部主体的内部容积和处理容积两者内产生第一处理气体的等离子体。

附图说明

[0013] 为了详细地了解本发明的上述特征,可参照实施例(某些实施例在附图中示出)来更具体地描述上面简要总结的本发明。然而,需注意附图仅示出本发明的典型实施例而不应被视为对本发明范围的限制,因为本发明可允许有其它等效实施例。

[0014] 图 1 示意性示出根据本发明的一个实施例的等离子体处理系统。

[0015] 图 2A 是根据本发明的一个实施例的衬底蚀刻系统的腔室延伸部的示意性顶视图。

[0016] 图 2B 是图 2A 的腔室延伸部的示意性剖面侧视图,并显示根据本发明的一个实施例的喷嘴挡板组件。

[0017] 图 3A 是根据本发明的一个实施例的气体挡板喷嘴的示意性截面图。

[0018] 图 3B 是图 3A 的气体挡板喷嘴的示意性截面图。

[0019] 图 3C 是根据本发明的另一个实施例的气体挡板喷嘴的示意性截面图。

[0020] 图 4A 是根据本发明的一个实施例的等离子体挡板的示意性顶视图。

[0021] 图 4B 是图 4A 的等离子体挡板的示意性截面图。

[0022] 图 5 是根据本发明的另一个实施例的腔室延伸部与喷嘴挡板组件的示意性剖面侧视图。

[0023] 图 6 是根据本发明的另一个实施例的腔室延伸部与喷嘴挡板组件的示意性剖面侧视图。

[0024] 图 7 是根据本发明的一个实施例的腔室延伸部与喷嘴挡板组件的示意性剖面侧视图。

[0025] 为了促进理解,尽可能应用相同的附图标记来标示图标中相同的组件。应考虑到一个实施例的元件和特征可有利地结合于其它实施例中而不需特别详述。

具体实施方式

[0026] 本发明的实施例一般地涉及衬底处理系统以及相关的衬底处理,例如蚀刻/沉积处理。更具体地,本发明的实施例涉及用于以改良的等离子体离解效率将处理气体提供至处理腔室的方法和设备。

[0027] 本发明的实施例延伸处理气体在暴露于线圈天线下的路径,由此,处理气体增加了反应时间以进行离解。结果,可获得更高的离解率而不用增加源功率。

[0028] 本发明的一个实施例提供具有腔室延伸部的等离子体反应器,该腔室延伸部限定延伸容积(extension volume),该延伸容积经由喷嘴而与等离子体反应器的处理容积流体连接。延伸容积位于线圈天线的内侧,线圈天线设置在处理容积的外侧。处理气体在到达处理容积(待处理的衬底设置在该处理容积中)之前,处理气体流经延伸容积。处理气体在进入处理容积之前可以在腔室延伸部内离解,因此具有更长的时间进行离解。

[0029] 在一个实施例中,喷嘴包括设置在延伸容积中的气体挡板喷嘴,以为处理气体提供延伸路径。

[0030] 在一个实施例中,喷嘴包括设置在处理容积内的等离子体挡板。等离子体挡板使来自腔室延伸部的处理气体改向,以避免接近喷嘴处的高等离子体密度。

[0031] 在另一个实施例中,喷嘴具有旁通路径,以允许处理气体进入处理容积而不会经

过腔室延伸部。在一个实施例中,处理气体可以被馈送通过旁通路径与延伸路径,并通过腔室延伸部。在另一个实施例中,第一处理气体被馈送通过延伸路径并通过腔室延伸部,第二处理气体被馈送通过旁通管线而不会经过腔室延伸部。举例来说,在硅蚀刻处理的过程中,蚀刻气体与沉积气体交替地流至处理腔室,蚀刻气体可以流经延伸路径,以获得增加的等离子体密度,而沉积气体可以流经旁通管线,以使沉积气体仅在处理容积内离解。

[0032] 图 1 是示意性示出根据本发明的一个实施例的等离子体处理系统 100。图 1 示出等离子体处理系统 100 的截面图,该等离子体处理系统 100 用于对各种衬底进行处理并且容纳各种衬底尺寸。

[0033] 在一个实施例中,等离子体处理系统 100 包括限定处理容积 41 的腔室 25。在一个实施例中,腔室 25 可包括侧壁 26 和盖 43。等离子体处理系统 100 还包括设置在腔室 25 的盖 43 上方的天线组件 70。功率源 15 与匹配网络 17 耦接至天线组件 70,以提供用于产生等离子体的能量。在一个实施例中,天线组件 70 可包括一个或多个螺线管交错线圈天线,这些线圈天线设置成与等离子体处理系统 100 的对称轴 73 同轴。如图 1 所示,等离子体处理系统 100 包括设置在盖 43 上方的外部线圈天线 71 和内部线圈天线 72。在一个实施例中,线圈天线 71、72 可以独立地受控。应注意到,即使描述等离子体处理系统 100 中有两个同轴天线,但还可预期其它的构造,例如一个线圈天线、三个或更多个线圈天线构造。

[0034] 在一个实施例中,内部线圈天线 72 包括一个或多个电导体,该电导体缠绕为具有小节距的螺旋形、并形成内部天线容积 74。当电流经过一个或多个电导体时,在内部线圈天线 72 的内部天线容积 74 中建立了磁场。如下所讨论的,本发明的实施例在内部线圈天线 72 的内部线圈容积 74 中提供腔室延伸容积,以使用内部线圈容积 74 中的磁场来产生等离子体。

[0035] 应注意的是,内部线圈天线 72 和外部线圈天线 71 可以根据应用而具有其它形状,例如用以匹配腔室壁的某种形状、或是用以实现处理腔室中的对称性或不对称性。在一个实施例中,内部线圈天线 72 和外部线圈天线 71 可以形成形状为超矩形 (hyperrectangle) 的内部天线容积。

[0036] 等离子体处理系统 100 还包括设置在处理容积 41 中的衬底支撑件 40。衬底支撑件 40 在处理过程中支撑衬底 101。在一个实施例中,衬底支撑件 40 是静电卡盘 (electrostatic chuck)。偏压功率 20 和匹配网络 21 可以连接至衬底支撑件 40。偏压功率 20 将偏压电位提供至在处理容积 41 中所产生的等离子体。

[0037] 在一个实施例中,盖 43 具有开口 44,以允许一个或多个处理气体进入。在一个实施例中,开口 44 可以设置成接近等离子体处理系统 100 的中心轴,并与正在进行处理的衬底 101 的中心相对应。

[0038] 在一个实施例中,等离子体处理系统 100 包括设置在盖 43 上方并覆盖开口 44 的腔室延伸部 51。在一个实施例中,腔室延伸部 51 设置在天线组件 70 的线圈天线内部。腔室延伸部 51 限定延伸容积 42,该延伸容积 42 经由开口 44 而与处理容积 41 为流体连通。

[0039] 在一个实施例中,等离子体处理系统 100 还包括挡板喷嘴组件 55,该挡板喷嘴组件 55 设置在处理容积 41 和延伸容积 42 中穿过开口 44。挡板喷嘴组件 55 将一个或多个处理气体引导经过延伸容积 42 而进入处理容积 41 中。在一个实施例中,挡板喷嘴组件 55 具有旁通路径,以允许处理气体进入处理容积 41 而不用经过延伸容积 42。

[0040] 因为延伸容积 42 位于内部天线容积 74 内,所以处理气体在进入处理容积 41 之前会在延伸容积 42 中暴露于内部线圈天线 72 的磁场。使用延伸容积 42 会增加处理容积 41 内的等离子体强度,而不用增加施加至内部线圈天线 72 或外部线圈天线 71 的功率。

[0041] 在一个实施例中,内部线圈天线 72 或腔室延伸部 51 的尺寸可以经过调整,以获得期望的等离子体均匀性和 / 或离解效率。举例来说,通过增加内部线圈天线 72 的尺寸(例如直径)、或是通过减小延伸容积 42 的尺寸(例如直径)、或是通过上述两者,可以增加在处理容积 41 内的等离子体密度的均匀性。然而,当内部线圈天线 72 的尺寸增加、或者延伸容积 42 的尺寸减小时,气体离解效率会降低。在一个实施例中,内部线圈天线 72 的直径介于延伸容积 42 的直径的约 2 倍至约 4 倍之间。

[0042] 在另一个实施例中,可以通过调整内部线圈天线 72 的功率水平(例如电流)来调整处理气体的离解率。增加提供至内部线圈天线 72 的电流可以增加处理气体的离解率。在一个实施例中,可以通过调整内部线圈天线 72 的电流水平来调整处理容积 41 内的等离子体的均匀性和 / 或强度。在一个实施例中,在内部线圈天线 72 的电流水平调整中,可以将延伸容积 42 和内部天线容积 74 的相对尺寸作为因素来考虑。

[0043] 等离子体处理系统 100 包括泵 30 和阀 35,以提供处理容积 41 的真空与排气。等离子体处理系统 100 还可包括冷却器 45 以控制等离子体处理系统 100 的温度。

[0044] 等离子体处理系统 100 还包括气体输送系统 102,以向处理容积 41 提供一个或多个处理气体。在一个实施例中,气体输送系统 102 位于设置成直接与腔室 25 相邻(例如,在腔室下方)的壳体 105 中。气体输送系统 102 选择性地将位于一个或多个气体面板(gas panel) 104 中的一个或多个气体源耦接至挡板喷嘴组件 55,以向腔室 25 提供处理气体。在一个实施例中,气体输送系统 102 可以经由腔室延伸部 51 连接至挡板喷嘴组件 55。在一个实施例中,壳体 105 定位成非常靠近腔室 25,以减少在改变气体时的气体过渡时间、使气体使用最少化,并且使废气最少化。

[0045] 等离子体处理系统 100 还可包括升降机 27,该升降机 27 用于将衬底支撑件 40 举起或降低,而该衬底支撑件 40 在腔室 25 中支撑衬底 101。

[0046] 腔室 25 还包括侧壁 26,该侧壁 26 具有下方衬垫 22、上方衬垫 23 和狭缝阀门 24。阀 35 可设置在泵 30 与腔室 25 之间,并且阀 35 可操作以控制腔室 25 内的压力。

[0047] 气体输送系统 102 可用于将至少两个不同的气体混合物以瞬间速率(instantaneous rate)供应至腔室 25,如下文将进一步描述的。在一个选择性实施例中,等离子体处理系统 100 可包括光谱监控器,当在腔室 25 中形成沟槽时,该光谱监控器可操作以测量蚀刻沟槽的深度和沉积薄膜厚度,并且该光谱监控器具有能够使用其它光谱特征以判定反应器的状态的能力。等离子体处理系统 100 可以容纳多种衬底尺寸,例如高达约 300mm 的衬底直径。

[0048] 提供在硅衬底(在衬底上设置有氧化物和金属层)中蚀刻轮廓(profile)的方法与设备,该轮廓例如为深沟槽和硅通孔(through silicon via ;TSV),其中蚀刻循环包括多个等离子体处理,而这些等离子体处理在单一、全自动的反应器中原位进行。每一个这样的蚀刻循环包括沉积处理、第一蚀刻处理与第二蚀刻处理。各个处理是单独的等离子体处理,且单独的等离子体处理由提供至(支撑衬底的)反应器的腔室中的气体混合物的成分所限定。在各个单独处理过程中,可以将不同成分的气体混合物提供至腔室。反应器一般包括

用于产生并维持等离子体的功率源（在此称为“源功率”）、以及用于对衬底加偏压的功率源（在此称为“偏压功率”），各个功率源独立受控。

[0049] 在一个实施例中，等离子体处理系统 100 可产生蚀刻衬底沟槽侧壁轮廓，该蚀刻衬底沟槽侧壁轮廓的角度在约 85 度至约 92 度范围内呈锥形 (taper)，而蚀刻衬底沟槽的深度在从约 10 微米至约 500 微米的范围内。在一个实施例中，等离子体处理系统 100 可以耦接至系统，该系统包括金属蚀刻反应器、并且选择性地包括金属蚀刻后钝化腔室。

[0050] 在一个实施例中，用于产生并维持等离子体处理的功率源 15 经由功率产生设备耦接至腔室 25，该功率产生设备被包围在设置于腔室 25 上方的外壳 11 内。功率源 15 可操作以产生在约 12MHz 至约 13.5MHz 范围内的具有脉冲能力的射频、和在约 10 瓦至约 5000 瓦范围内的功率，并且功率源 15 还可以包括动态匹配网络 17。在一个示例中，功率源 15 可操作以产生具有脉冲能力的 13MHz 的射频。

[0051] 功率源 15 可包括双可调谐源 (dual tunable source)，由此，在蚀刻循环过程中可改变射频。在一个实施例中，功率源 15 可包括远程等离子体源，该远程等离子体源能够产生高程度的等离子体离解、并可安装至等离子体处理系统 100。

[0052] 当使用远程等离子体源时，等离子体处理系统 100 还可包括设置在腔室 25 中的等离子体分配板或一系列的板，以协助将等离子体分配至衬底。在一个实施例中，等离子体处理系统 100 可包括原位源功率和远程等离子体源功率，其中使用远程等离子体源功率在远程等离子体腔室中产生等离子体，并将该等离子体传送至反应器腔室 25，其中原位功率源 15 将所产生的等离子体维持在腔室 25 中。在一个实施例中，可执行蚀刻循环，其中在该蚀刻循环的过程中可增加或降低功率范围（即，功率源 15 的瓦数）。功率源 15 在蚀刻循环过程中可产生脉冲。

[0053] 在一个实施例中，用于对衬底 101 加偏压的偏压功率 20 耦接至腔室 25 和衬底支撑件 40。偏压功率 20 可操作以产生具有脉冲能力并介于约 10 瓦至约 500 瓦的低功率范围的约 2MHz 的射频，并且偏压功率 20 还可包括动态匹配网络 21。在一个实施例中，偏压功率 20 能够产生具有脉冲能力并介于约 10 瓦至约 500 瓦的低功率范围的可选择射频，该射频的范围介于约 400kHz 至约 2MHz、介于约 100kHz 至约 2MHz、和介于约 100kHz 至约 13.56MHz，并且偏压功率 20 还可包括动态匹配网络或固定匹配网络、以及频率调谐器。在一个实施例中，可执行蚀刻循环，其中在蚀刻循环的过程中可增加或降低功率范围（即，偏压功率 20 的瓦数）。在一个实施例中，蚀刻循环可包括沉积处理、第一蚀刻处理和第二蚀刻处理，其中在第一蚀刻处理过程中使用偏压功率 20，并在第二蚀刻处理过程中降低或增加偏压功率 20。举例来说，从第一蚀刻处理至第二蚀刻处理，偏压功率的射频可降低或增加。

[0054] 在蚀刻循环过程中，偏压功率 20 可产生脉冲。为了使偏压功率 20 产生脉冲，在蚀刻循环过程中开启和关闭射频功率。偏压功率 20 的脉冲频率可介于约 10Hz 至约 1000Hz，并且可介于约 50Hz 至约 180Hz。在一个实施例中，在整个蚀刻循环的时间内，功率的开启与关闭均匀地分布。在一个实施例中，可改变遍及蚀刻循环的脉冲的时间安排分布，并且该脉冲的时间安排分布可取决于衬底的成分。偏压功率 20 开启的时间百分比（即，如上所述的占空比 (duty cycle)）直接与脉冲频率相关。在一个实施例中，当脉冲频率在约 10Hz 至约 1000Hz 范围内时，则占空比介于约 2% 至约 40% 的范围内。在一个实施例中，当脉冲频率在约 50Hz 至约 180Hz 的范围内时，则占空比介于约 5% 至约 30% 的范围内。可以根据进

行处理的衬底的材料,来调整偏压功率频率与脉冲频率。

[0055] 在一个实施例中,冷却器 45 可操作以控制腔室 25 内的温度和位于腔室 25 内的衬底的温度。冷却器 45 可定位成接近腔室 25、并耦接至腔室 25。冷却器 45 可包括低温冷却器(例如在零下使用的热电冷却器),并且还可包括用于超低温度的直接冷却构件。冷却器 45 可操作以产生约 -20 摄氏度至约 80 摄氏度的温度,并定位成接近腔室 25 以实现更快的反应时间,并可以包括斜升(ramping)能力以允许有某种程度的控制来协助改善蚀刻速率。在一个实施例中,冷却器 45 能够产生介于约 -10 摄氏度至约 60 摄氏度的温度,并可定位成接近腔室 25 以实现更快的反应时间。在一个实施例中,冷却器 45 将腔室 25 的温度由约 -10 摄氏度降至约 -20 摄氏度。

[0056] 在一个实施例中,等离子体处理系统 100 可操作以利用耦接至腔室 25 的泵 30 和阀 35 来将腔室压力维持在介于约 10mTorr(毫托)至约 1000mTorr 之间。在蚀刻循环过程中可调整腔室压力,以进一步改善沟槽轮廓。举例来说,当从沉积处理转变为蚀刻处理时,腔室压力可以快速下降或增加。泵 30 可包括涡轮泵(例如 2600L/s 涡轮泵),该涡轮泵可操作以处理约 100sccm 至约 1000sccm 的流动经过腔室 25。与泵 30 结合,阀 35 可包括节流阀,该节流阀具有快速反应时间以协助控制处理流动与压力改变。等离子体处理系统 100 可还包括一个双压力计(dual manometer),以量测腔室 25 内的压力。在一个实施例中,等离子体处理系统 100 可操作以使蚀刻循环过程中的动态压力维持在介于约 10mTorr 至约 250mTorr 之间。可选择地,可使用自动节流阀控制、或具有预设控制点的阀,并且当改变流动参数时,动态压力可以维持在设定点。

[0057] 偏压功率可以产生脉冲(例如重复地释放能量),而源功率可以是连续施加的。特别的是,可以使用通过控制系统所设置的产生器脉冲能力来使偏压功率产生脉冲,以由偏压功率提供功率开启的时间百分比(称为“占空比”)。在一个实施例中,脉冲偏压功率的开启时间和关闭时间在整个蚀刻循环过程中是均匀的。举例来说,如果功率开启约 3 毫秒并关闭约 15 毫秒,则占空比为约 16.67%。脉冲频率(每秒的循环数或赫兹 Hz)等于 1.0 除以开启和关闭期间(秒)的总和。举例来说,当偏压功率开启约 3 毫秒并关闭约 15 毫秒(总共约 18 毫秒)时,则脉冲频率(每秒的循环数)为约 55.55Hz。在一个实施例中,可以使用特殊化的脉冲分布,其中在蚀刻循环过程中改变开启/关闭的时间安排。在一个实施例中,通过改变施加至衬底的偏压功率,蚀刻循环可以在沉积和/或蚀刻处理之间转换。偏压功率产生脉冲以协助减少沟槽侧壁呈现扇形(scalloping)、改进光阻选择性、提高蚀刻速率并防止材料界面底切(undercut)。

[0058] 然而,应注意的是,本发明的各个方面并未限制于使用于硅蚀刻,而是可应用于蚀刻其它材料类型。

[0059] 如上所讨论的,本发明的实施例提供具有腔室延伸部的等离子体反应器,该腔室延伸部限定延伸容积,该延伸容积经由喷嘴而与等离子体反应器的处理容积流体连接。图 2-4 是示意性地示出根据本发明的一个实施例的腔室延伸部和挡板喷嘴组件。

[0060] 图 2A 是根据本发明的一个实施例的衬底处理系统的腔室延伸部和挡板喷嘴组件 201 的示意性顶视图。图 2B 是腔室延伸部和挡板喷嘴组件 201 的示意性剖面侧视图。

[0061] 腔室延伸部和挡板喷嘴组件 201 可以设置在等离子体处理腔室(例如图 1 的等离子体处理系统 100)的气体入口中,以提供所有或部分的处理气体,该处理气体对用于产生

等离子体的功率源增加暴露。如图 2A 所示,腔室延伸部和挡板喷嘴组件 201 设置在盖 43 的开口 44 中且位于内部线圈天线 72 内。

[0062] 腔室延伸部和挡板喷嘴组件 201 包括腔室延伸部 210,该腔室延伸部 210 设置在盖 43 外侧、覆盖开口 44、并在中间限定延伸容积 211。延伸容积 211 被内部线圈天线 72 所围绕,延伸容积 211 内的任何处理气体可以受到施加至内部线圈天线 72 的源功率作用而离解。

[0063] 在一个实施例中,腔室延伸部 210 可以基本为圆柱形。腔室延伸部 210 可包括圆柱形侧壁 218 和顶部 219。圆柱形侧壁 218 和顶部 219 限定出延伸容积 211。腔室延伸部 210 具有连接至侧壁 218 的入口延伸部 217。气体入口通道 213、214 可以形成为穿过入口延伸部并开启至延伸容积 211。气体入口通道 213、214 可以连接至气体输送系统,并将一个或二个气体混合物引导至延伸容积 211。腔室延伸部 210 还具有底部开口 215,该开口 215 提供用于延伸容积 211 中的处理气体的一个出口。腔室延伸部 210 可经设置,以使得开口 215 与盖 43 的开口 44 为同轴。

[0064] 腔室延伸部和挡板喷嘴组件 201 还包括设置在延伸容积 211 内的气体挡板喷嘴 220。气体挡板喷嘴 220 是腔室延伸部 210 的入口挡板,以提供进入腔室延伸部 210 的气体的限制路径。气体挡板喷嘴 220 将处理气体从气体入口通道 213、214 经由腔室延伸部 210 引导至开口 215。在一个实施例中,气体挡板喷嘴 220 对于至少一个处理气体产生延伸路径,以增加暴露至功率源。

[0065] 在一个实施例中,气体挡板喷嘴 220 可以是竖直挡板。在一个实施例中,气体挡板喷嘴 220 是竖直设置在延伸容积 211 内的中空圆柱。如图 2B 所示,气体挡板喷嘴 220 将延伸容积 211 划分为外部容积 227 与内部容积 228。外部容积 227 限定在腔室延伸部 210 的侧壁 218 与气体挡板喷嘴 220 的外表面之间。内部容积 228 由气体挡板喷嘴 220 的内表面与腔室延伸部 210 的顶部 219 所限定。

[0066] 图 3A 是根据本发明的一个实施例的气体挡板喷嘴 220 的示意性截面图。图 3B 是气体挡板喷嘴 220 的示意性截面图。在一个实施例中,气体挡板喷嘴 220 可具有形成在上方端 224 上的多个槽 221。槽 221 允许从外部容积 227 至内部容积 228 的流体连通。在一个实施例中,气体挡板喷嘴 220 具有形成在下方端 223 附近的凸缘 222。如图 2B 所示,当气体挡板喷嘴 220 设置在腔室延伸部 210 中时,凸缘 222 会将旁通容积 226 与外部容积 227 分隔开。

[0067] 在一个实施例中,入口通道 213 的开口在外部容积 227 的下方端附近。来自入口通道 213 的处理气体在进入处理腔室的处理容积 41 之前,在接近下方端处进入外部容积 227、并在外部容积 227 中往上行进、经过多个槽 221、然后进入内部容积 228。通过气体挡板喷嘴使 220 来自入口通道 213 的处理气体的路径延伸,以延长暴露于功率源。

[0068] 图 3C 是根据本发明的另一个实施例的气体挡板喷嘴 220a 的示意性截面图。除了位于外侧的沟槽 225 之外,气体挡板喷嘴 220a 与气体挡板喷嘴 220 类似。在一个实施例中,沟槽 225 是一个或多个螺旋形沟槽,该螺旋形沟槽提供在外部容积 227 中的涡流路径。涡流路径将处理气体在腔室延伸部 210 内的路径延伸得更长。

[0069] 往回参照图 2B,来自入口通道 214 的处理气体进入旁通容积 226、然后经由旁通通道 236 而进入处理容积 41。该布置允许有腔室延伸部 210 的旁通,因而避免延长暴露于功

率源。硅蚀刻处理过程中的沉积气体可使用该路径,以有效地使用沉积气体。

[0070] 腔室延伸部和挡板喷嘴组件 201 还包括设置在开口 44 中的等离子体挡板 230。等离子体挡板 230 是腔室延伸部 210 的出口挡板,以提供离开腔室延伸部 210 的气体的限制路径。在一个实施例中,等离子体挡板 230 可具有凸缘 237,该凸缘 237 允许等离子体挡板 230 支撑在开口 44 中所形成的凹部内。等离子体挡板 230 在内部容积 228 与旁通容积 226 中为处理气体提供通往处理腔室中的处理容积 41 的路径。等离子体挡板 230 还提供挡板 233,以重新引导来自腔室延伸部 210 的气流(特别是,重新引导任何的等离子体流)以避免在开口 44 附近集中的等离子体密度。

[0071] 图 4A 是根据本发明的一个实施例的等离子体挡板 230 的示意性顶视图。图 4B 是等离子体挡板 230 的示意性截面图。如图 4B 所示,等离子体挡板 230 可包括阻挡板 231、从阻挡板 231 延伸的杆 232、以及设置在杆 232 的末端上的挡板 233。

[0072] 阻挡板 231 支撑在盖 43 的开口 44 中。在一个实施例中,多个穿孔 234 形成在阻挡板 231 中。穿孔 234 允许气流从内部容积 228 到达处理容积 41。挡板 233 防止来自穿孔 234 的气流直接到达设置在开口 44 下方的衬底。挡板 233 将气流引导至旁边。

[0073] 在一个实施例中,等离子体挡板 230 具有形成在杆 232 和挡板 233 中的中央通道 235。中央通道 235 在挡板 233 处向处理容积 41 开口。在一个实施例中,中央通道 235 并不会穿过阻挡板 231。在一个实施例中,多个旁通通道 236 形成于阻挡板 231 中而将旁通容积 226 连接至中央通道 235。参照图 2B,来自入口通道 214 的处理气体可进入旁通容积 226、穿过旁通通道 236 而至中央通道 235、然后到达处理腔室的处理容积 41。

[0074] 在一个实施例中,等离子体挡板 230 形成为单一部件(one piece)。在另一个实施例中,等离子体挡板 230 形成为易于组装的多个部件。特别是,阻挡板 231 可包括两部件分离杆 232,以在挡板 233 大于开口 44 时能允许安装。在另一个实施例中,挡板 233 可以与杆 232 和阻挡板 231 是分离部件。

[0075] 图 5 是根据本发明的另一个实施例的腔室延伸部与挡板喷嘴组件 301 的示意性剖面侧视图。

[0076] 腔室延伸部与挡板喷嘴组件 301 包括与图 2A-2B 的腔室延伸部与挡板喷嘴组件 201 相同的腔室延伸部 210 和气体挡板喷嘴 220。腔室延伸部与挡板喷嘴组件 301 包括等离子体挡板 330,该等离子体挡板 330 包括多个部件。等离子体挡板 330 包括二个或更多个阻挡板 331,该阻挡板 331 在杆 332 的周围形成夹钳(clamp)。挡板 333 形成在杆 332 的末端。挡板 333 大于盖 43 中的开口 44。穿孔 334 形成为穿过阻挡板 331,以供来自腔室延伸部 210 的气体流动。旁通通道 336a、336b 分别形成在阻挡板 331 和杆 332 中。旁通通道 336b 开口至形成在杆 332 和挡板 333 中的中央通道 335。

[0077] 图 6 是根据本发明的另一个实施例的腔室延伸部与挡板喷嘴组件 401 的示意性剖面侧视图。腔室延伸部与挡板喷嘴组件 401 包括等离子体挡板 430,该等离子体挡板 430 包括挡板 433 和阻挡板 431。腔室延伸部和挡板喷嘴组件 401 与腔室延伸部与挡板喷嘴组件 301 类似,除了中央通道 435 形成为穿过等离子体挡板 430,以允许腔室延伸部 210 中的一部分气体直接流向处理腔室而不会被挡板 433 所重新导向。在一个实施例中,交叉通道 437、436 可形成在阻挡板 431 中,以将来自入口通道 214 的一部分处理气体引导经过通道 436 和中央通道 435,而不会被挡板 433 所重新导向,并且将来自入口通道的另一部分气体

引导经过通道 437、然后被挡板 433 重新导向。

[0078] 图 7 是根据本发明的另一个实施例的腔室延伸部和挡板喷嘴组件 501 的示意性剖面侧视图。腔室延伸部和挡板喷嘴组件 501 包括腔室延伸部 510 与等离子体挡板 530, 该等离子体挡板 530 包括阻挡板 531 和挡板 533。除了在阻挡板 531 中并未形成旁通通道之外, 腔室延伸部和挡板喷嘴组件 501 与腔室延伸部和挡板喷嘴组件 401 类似。所有的处理气体经过腔室延伸部 210, 并受到延长的等离子体源暴露。一部分的处理气体经过多个穿孔 534 并被挡板 533 重新导向, 而另一部分的处理气体经过中央通道 535 而不被重新导向。

[0079] 如上所述, 本发明的实施例可用于执行多种等离子体处理, 例如用于硅通孔 (TSV) 的蚀刻处理, 在该蚀刻处理期间, 蚀刻气体的混合物和沉积气体的混合物交替地供应至等离子体腔室。

[0080] 在 TSV 蚀刻处理期间, 进行处理的衬底可设置在等离子体反应器中, 例如图 1 所示的处理系统 100。衬底可以定位在处理容积 41 中的衬底支撑件 40 上。

[0081] 然后, 蚀刻气体的混合物经由腔室延伸部 51 而流至处理容积 41, 同时将功率源施加至螺线管线圈天线 71、72, 以在延伸容积 42 和处理容积 41 内都产生蚀刻气体的等离子体。在一个实施例中, 天线 71、72 的功率源可以单独地受到控制而用于等离子体产生。在一个实施例, 蚀刻气体可同时流经旁通通道, 以在处理容积 41 中获得等离子体与非离解蚀刻气体的某种混合物。

[0082] 在停止蚀刻气体的流动之后, 可将沉积气体流至处理容积 41, 功率源则施加至天线 71、72 以进行沉积处理。在一个实施例中, 施加至天线 71、72 的功率源分布可以从蚀刻处理调整, 以获得处理容积 41 中的等离子体均匀性。在一个实施例中, 沉积气体可以流经旁通路径而不经过腔室延伸部 51, 以避免沉积气体的提早离解与浪费。在另一个实施例中, 沉积气体可以流经旁通路径与腔室延伸部 51。

[0083] 在一个实施例中, 蚀刻与沉积处理重复直到通孔 (via) 形成为止。

[0084] 尽管前述涉及本发明的实施例, 但是可以在不脱离其基本范围的情况下得出本发明的其他和进一步的实施例, 并且本发明的范围由权利要求书确定。

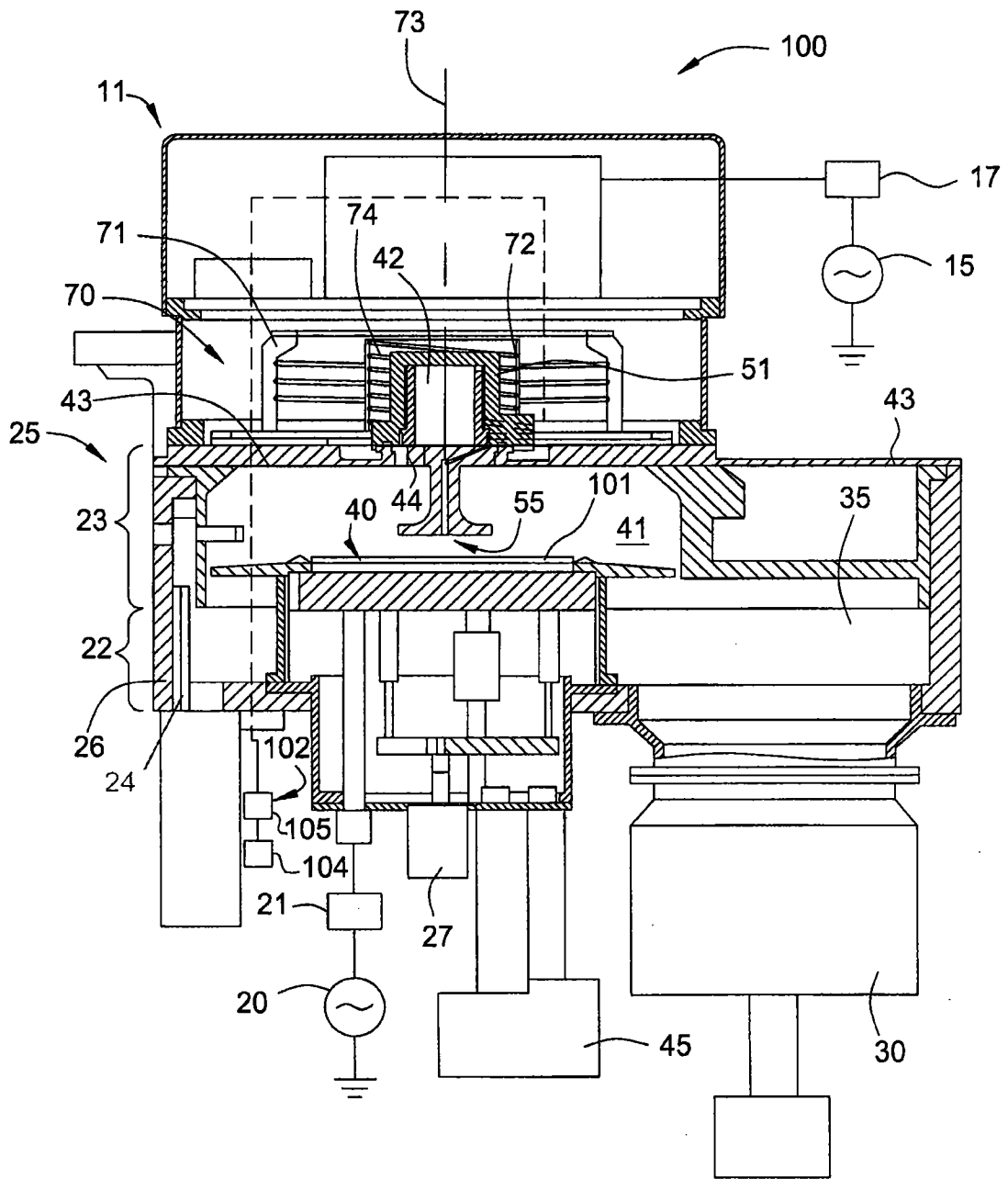


图 1

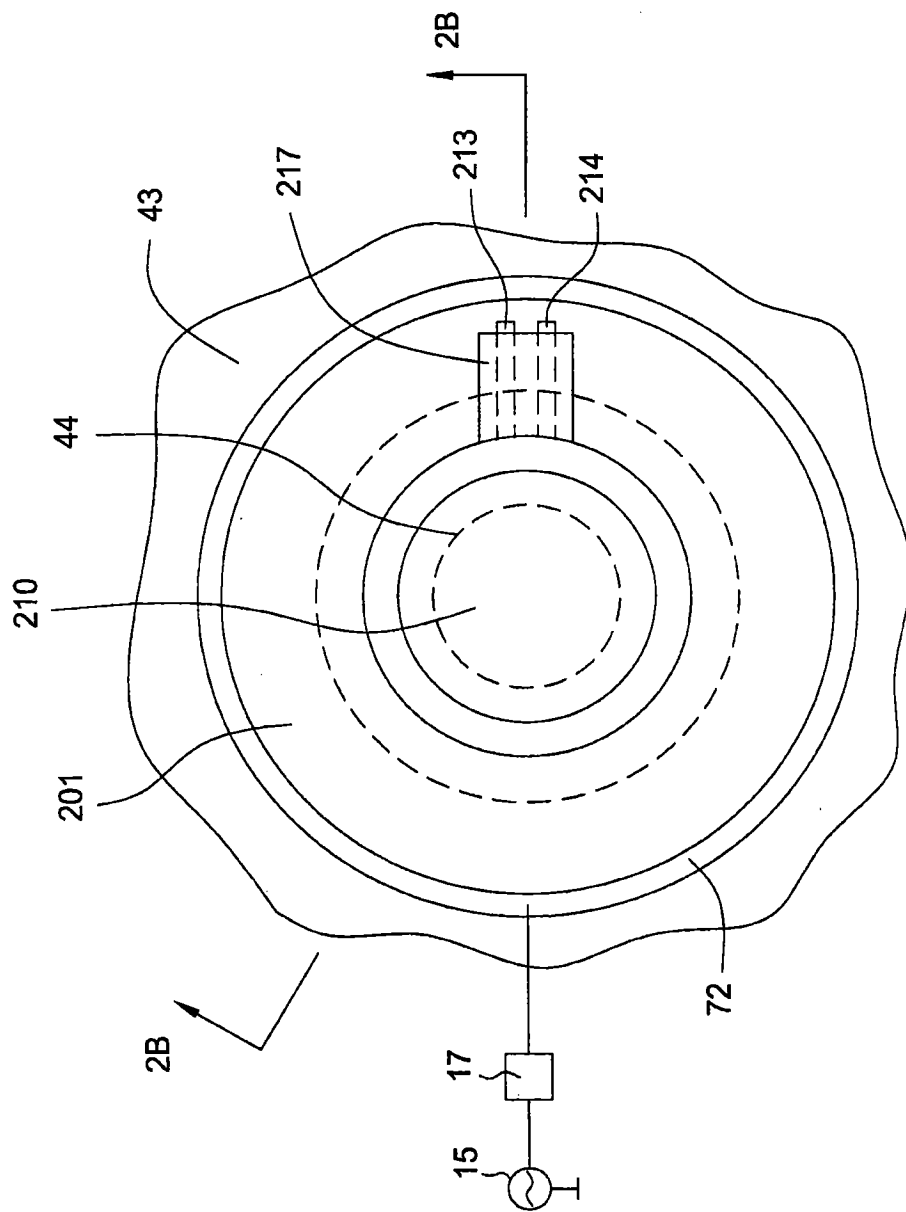


图 2A

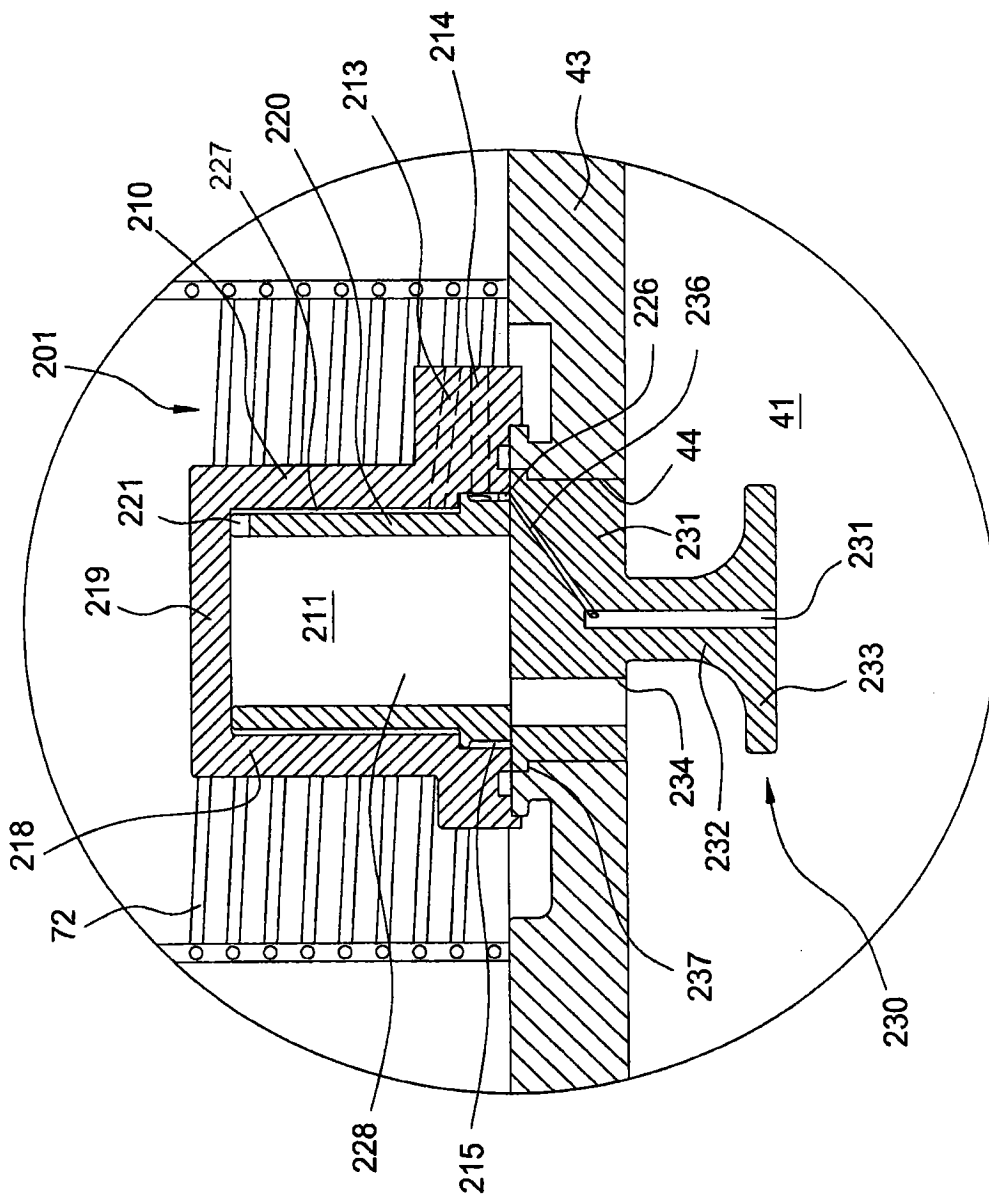


图 2B

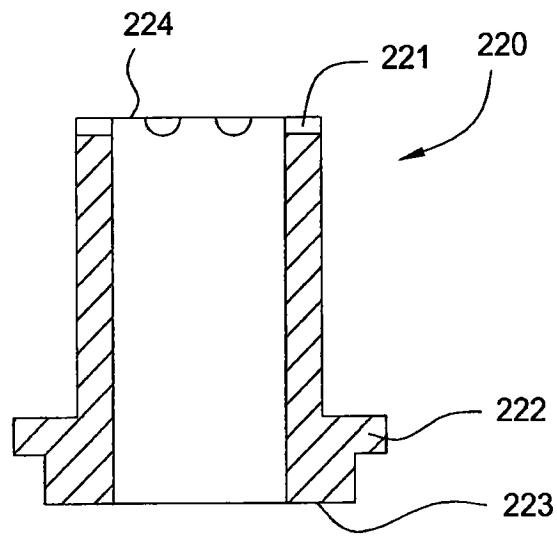


图 3A

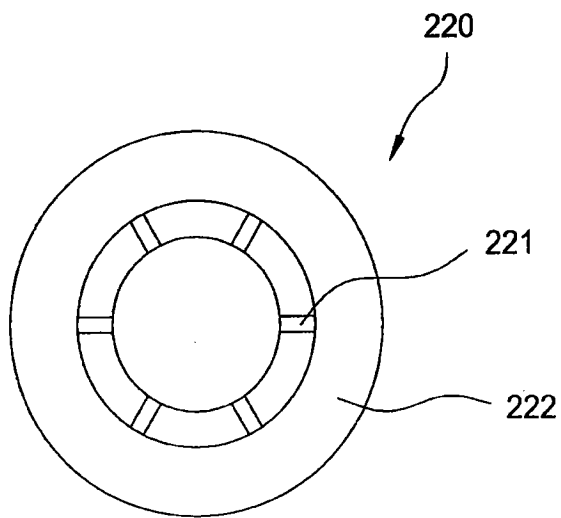


图 3B

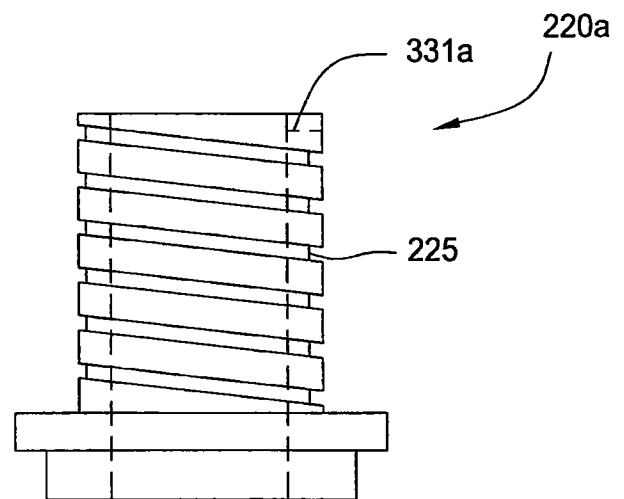


图 3C

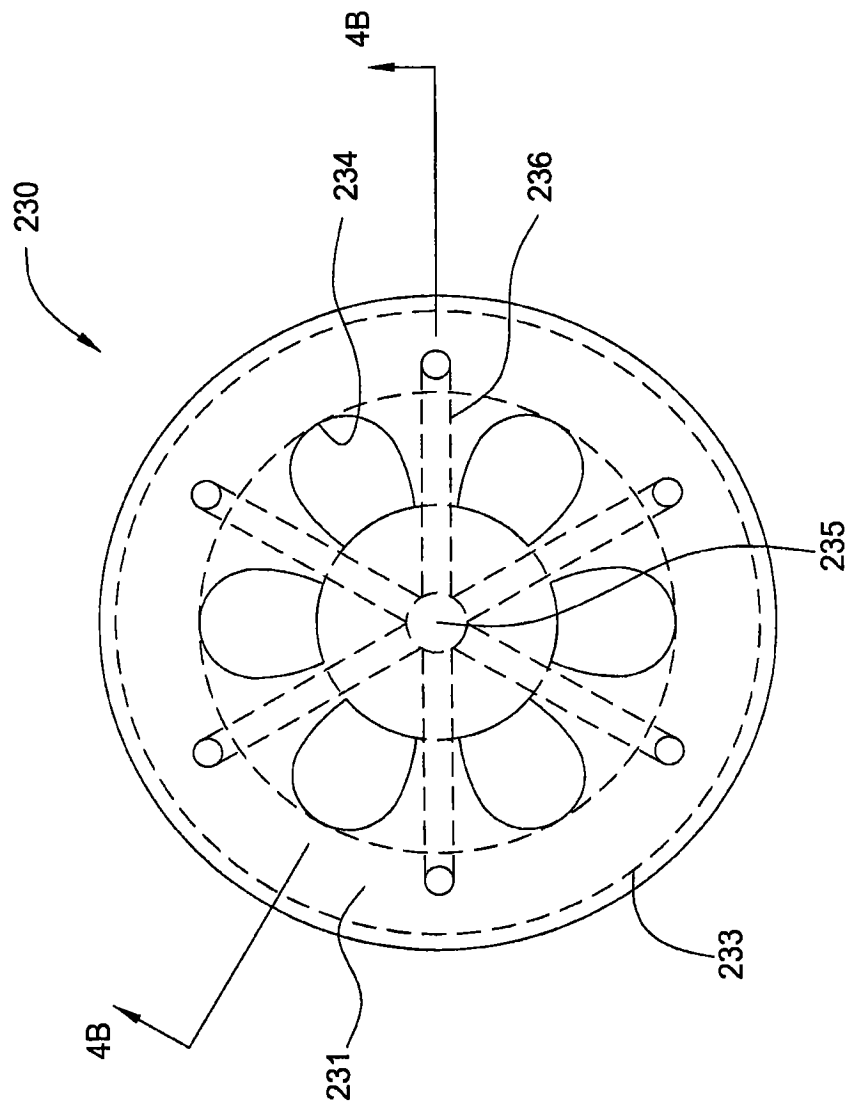


图 4A

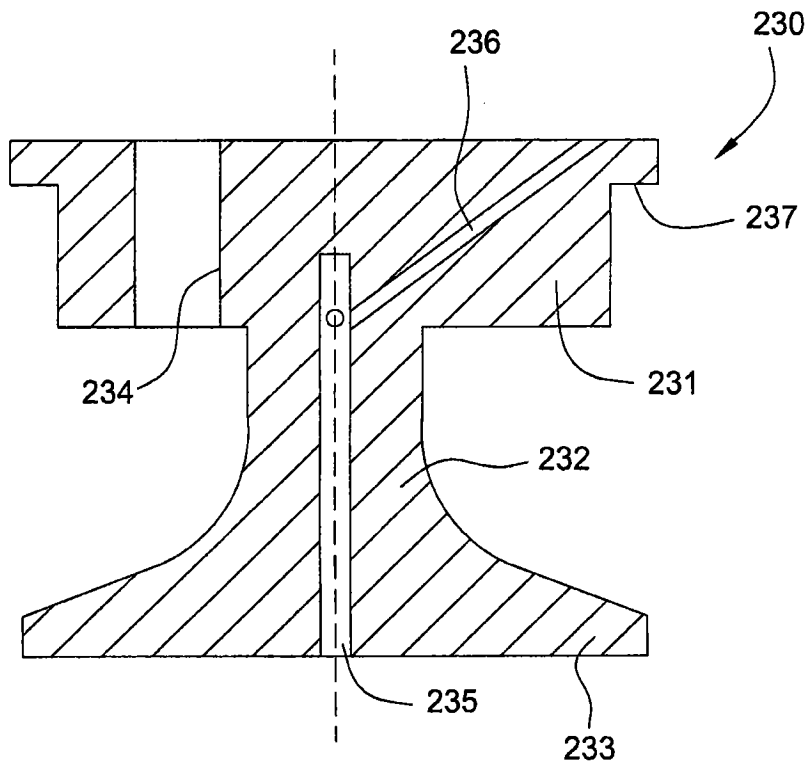


图 4B

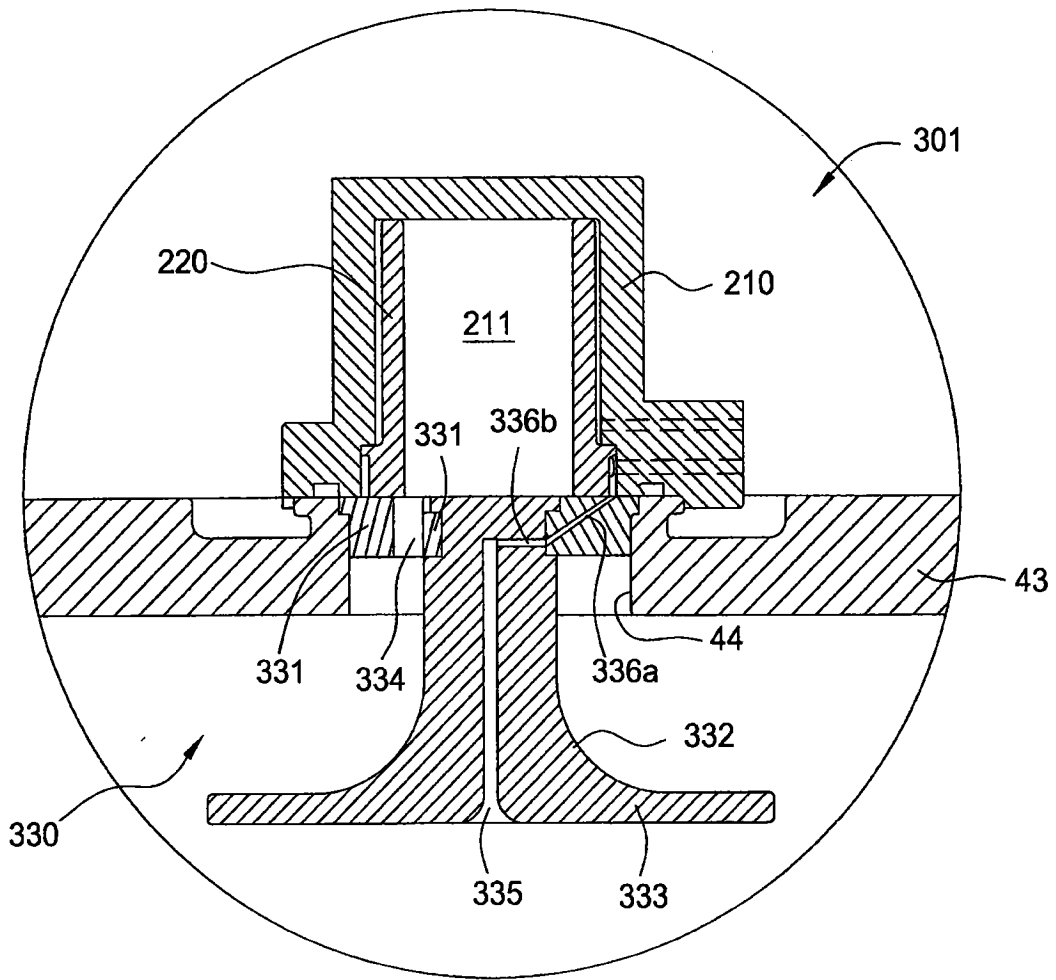


图 5

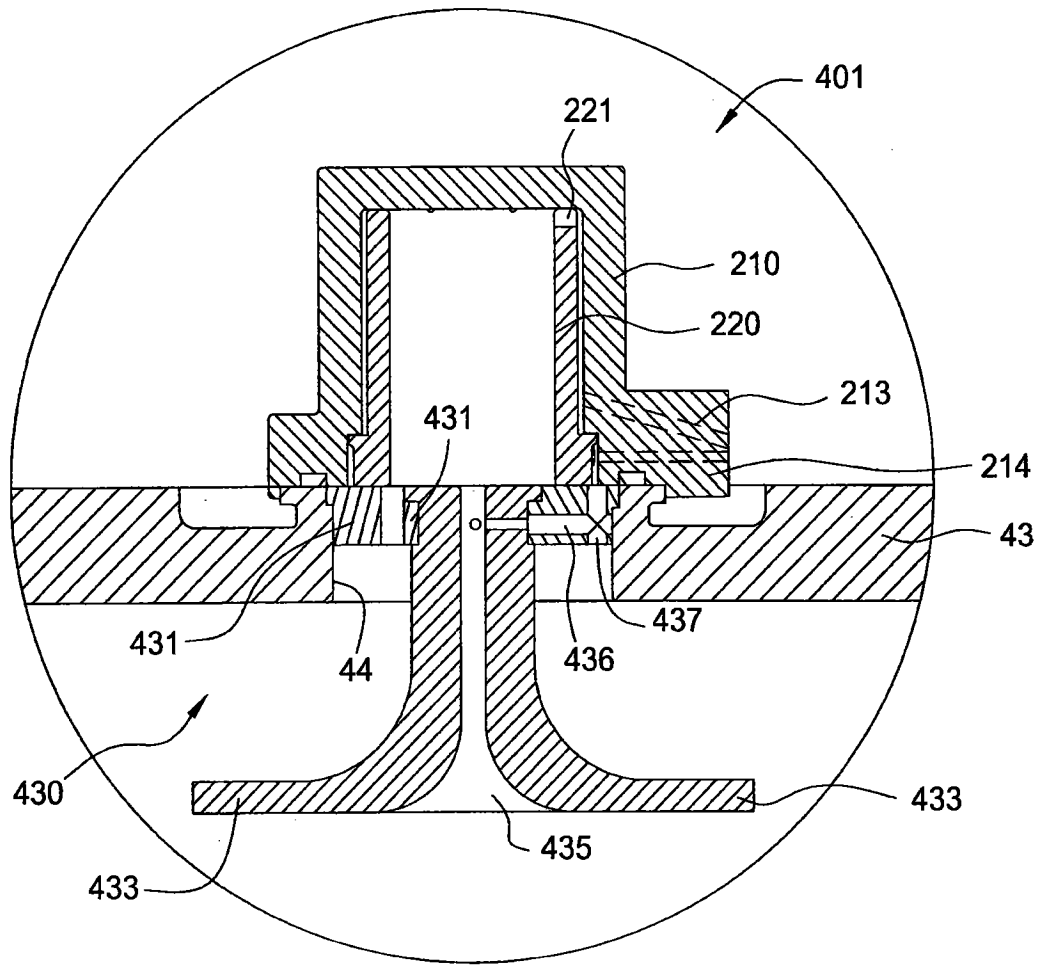


图 6

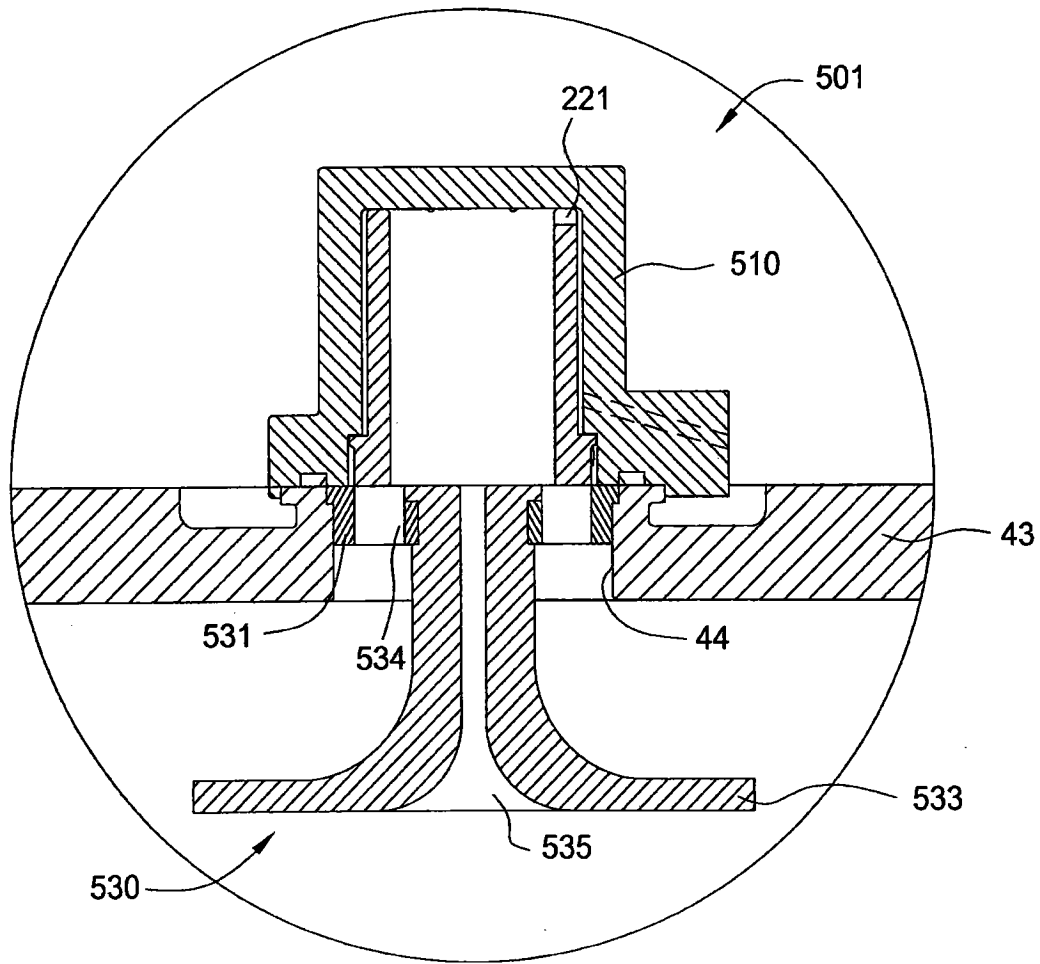


图 7