

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁶

H01L 21/02

H01L 21/70

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98102954. X

[43]公开日 1999年2月17日

[11]公开号 CN 1208246A

[22]申请日 98.3.27 [21]申请号 98102954. X

[30]优先权

[32]97.3.27 [33]JP [31]075498/97

[32]97.5.28 [33]JP [31]138477/97

[71]申请人 佳能株式会社

地址 日本东京都

[72]发明人 近江和明 米原隆夫

坂口清文 柳田一隆

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

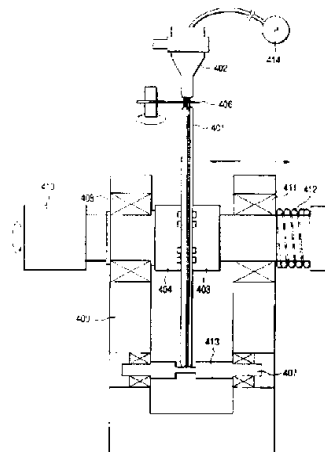
代理人 付建军

权利要求书 4 页 说明书 41 页 附图页数 20 页

[54]发明名称 用流体分离组合元件的方法和装置

[57]摘要

为分离由多个键合元件组成的组合元件而不将其破坏或损坏,从喷嘴对着组合元件喷射流体,以便在与键合位置不同的位置将组合元件分离成多个元件。



(BJ)第 1456 号

权 利 要 求 书

1.一种在与多个元件的键合位置不同的位置分离具有相互键合的多个元件的组合元件的方法，包括对着组合元件的侧表面喷射流体以分离该组合元件。

2.根据权利要求1所述的方法，其中组合元件在其多个元件之一的内部具有一个包含微腔的分离区，对着分离区周围喷射流体，以便在分离区周围将其分离成多个元件。

3.根据权利要求2所述的方法，其中在分离区附近形成一个凹陷部分，该凹陷部分接受流体以扩展分离区。

4.根据权利要求2所述的方法，其中分离区的机械强度比键合位置的机械强度低。

5.根据权利要求2所述的方法，其中分离区包括通过阳极氧化形成的多孔层。

6.根据权利要求2所述的方法，其中分离区可提供通过离子注入形成的微腔。

7.根据权利要求1所述的方法，其中作为喷射流体的方法是采用从喷嘴喷射高压水流的水力喷射方法。

8.根据权利要求1的分离方法获得的元件。

9.一种生产半导体衬底的方法，包括步骤：

在一个衬底上制备具有多孔单晶半导体层的第一衬底，和在多孔单晶半导体层上设置无孔单晶半导体层；

将第一衬底键合到第二衬底以形成一个组合元件；和

向组合元件的多孔单晶半导体层附近喷射流体，以便在多孔单晶半导体层分离组合元件。

10.根据权利要求9所述的方法，其中在组合元件的多孔单晶半导体层附近形成一个凹陷部分，该凹陷部分接受流体以扩展多孔单晶半导体层。

11.根据权利要求9所述的方法，其中多孔单晶半导体层的机械强度比

第一和第二衬底之间键合表面的机械强度低。

12.根据权利要求9所述的方法，其中多孔单晶半导体层通过阳极氧化形成。

13.根据权利要求9所述的方法，其中作为喷射流体的方法是采用从喷嘴喷射高压水流的水力喷射方法。

14.根据权利要求9所述的方法，其中通过使单晶硅衬底局部产生多孔以形成多孔单晶硅层，并使无孔单晶硅层在多孔单晶硅层上外延生长来形成第一衬底。

15.根据权利要求14所述的方法，其中第一和第二衬底经由至少一层绝缘层相互键合，该绝缘层是通过氧化无孔单晶硅层的表面形成的。

16.根据权利要求9所述的方法，其中第二衬底包括一层透光衬底。

17.根据权利要求9所述的方法，其中第二衬底包括一层硅衬底。

18.一种生产半导体衬底的方法，包括步骤：

向包括单晶半导体的第一衬底的预定深度注入离子形成一层离子注入层，以得到微腔层；

将第一衬底和第二衬底经它们之间的绝缘层相互键合，以形成组合元件；和

对着组合元件的离子注入层附近喷射流体，以便在离子注入层分离组合元件。

19.根据权利要求18所述的方法，其中在组合元件的离子注入层附近形成一个凹陷部分，该凹陷部分接受流体以扩展离子注入层。

20.根据权利要求18所述的方法，其中离子注入层的机械强度比第一和第二衬底之间键合表面的机械强度低。

21.根据权利要求18所述的方法，其中作为喷射流体的方法是采用从喷嘴喷射高压水流的水力喷射方法。

22.利用根据权利要求9的方法生产的半导体衬底。

23.一种执行根据权利要求1所述的分离方法的分离装置。

24.根据权利要求23所述的分离装置，其中利用从喷嘴喷射高压水流的水力喷射方法喷射一束流体。

25.根据权利要求24所述的分离装置，其中组合元件和喷嘴相对移动以

扫掠水流。

26.根据权利要求 25 所述的分离装置,其中扫掠喷嘴时组合元件固定以便扫掠水流。

27.根据权利要求 26 所述的分离装置,具有一个夹持组合元件的夹持器;一个沿组合材料的键合位置的水平方向移动喷嘴的喷嘴水平移动机构;和一个调节组合元件和喷嘴之间垂直距离的喷嘴垂直移动机构。

28.根据权利要求 26 所述的分离装置,具有一个以在支撑点周围形成扇形的方式扫掠喷嘴的机构。

29.根据权利要求 26 所述的分离装置,其中喷嘴围绕组合元件转动。

30.根据权利要求 26 所述的分离装置,其中包括多个喷嘴。

31.根据权利要求 25 所述的分离装置,其中喷嘴固定时扫掠组合元件以便扫掠水流。

32.根据权利要求 31 所述的分离装置,具有转动组合元件的转动机构。

33.根据权利要求 32 所述的分离装置,其中设置喷嘴使其朝向组合元件的转动中心。

34.根据权利要求 32 所述的分离装置,具有夹持组合元件转动中心的转动夹持元件。

35.一种分离方法,包括步骤:

利用第一夹持器可转动地夹持具有多个相互键合元件的组合元件的第一表面;

利用第二夹持器可转动地夹持盘形组合元件的第二表面;

同步转动第一和第二夹持器;

对着正在转动的组合元件的端面喷射流体;和

用已被喷射流体的部分作为起点将组合元件分离成多个元件。

36.根据权利要求 35 所述的分离方法,其中对着与组合元件的键合位置不同的分离位置喷射流体。

37.根据权利要求 35 所述的分离方法,其中在组合元件的端面设置凹陷部分,并对着凹陷部分底部喷射流体。

38.一种分离装置,包括用于可转动地夹持具有多个相互键合的元件的盘形组合元件第一表面的第一夹持器;用于可转动地夹持盘形组合元件第

二表面的第二夹持器；用于使第一和第二夹持器在转动期间相互同步的同步装置；和对着正在转动的组合元件的端面喷射流体的喷嘴，以使用已被喷射流体的位置作为起点将组合元件分离成多个元件。

39.根据权利要求 38 所述的分离装置，具有用于设定喷嘴位置的装置，以便对着与组合元件的键合位置不同的分离位置喷射流体。

40.根据权利要求 38 所述的分离装置，其中在组合元件的端面设置凹陷部分，并且该装置具有用于设定所述喷嘴位置的装置，以便对着凹陷部分底部喷射流体。

41.一种在包括空腔或孔的区域分离具有多个元件的组合元件的方法，包括对着组合元件的侧表面喷射主要由无磨损颗粒的液体组成的流体，以分离该组合元件。

说 明 书

用流体分离组合元件的方法和装置

本发明涉及用于分离组合元件、分离元件、和半导体衬底的方法和装置及其生产方法。

在一个衬底的绝缘表面上形成单晶 Si 半导体层被普遍称为绝缘体上形成半导体(SOI)技术, 由于采用 SOI 技术生产的器件具有用于制造普通 Si 集成电路的大块 Si 衬底不能实现的许多优点, 因此做出许多努力对该技术进行研究。

SOI 技术的使用提供了以下优点:

- (1)易于进行介电分离以达到高集成度。
- (2)辐射电阻非常好。
- (3)降低杂散电容以实现高速度。
- (4)可省略阱形成工艺。
- (5)可防止闭锁超载。
- (6)可降低厚度以提供完全耗尽的场效应晶体管。

为实现该器件的许多优点, 已对形成 SOI 结构的方法研究了数十年。已知的方法之一是 SOS(蓝宝石上形成硅), 在该方法中, 通过 CVD(化学气相沉积)在一单晶蓝宝石衬底上异质外延地形成 Si。该技术已成功地作为最成熟的 SOI 技术, 但其应用受到因 Si 层和蓝宝石衬底之间界面中晶格的不同轴性(misalignment)造成的大量晶体缺陷、从蓝宝石衬底到 Si 层的铝混合物以及特别是衬底的高成本和仍不足以增大器件面积的限制。最近, 已对实施一种无蓝宝石衬底的 SOI 结构进行了尝试。该尝试大致可分成下面两种方法。

- 1.在 Si 单晶衬底的表面氧化之后, 在氧化膜中做出一个窗口, 以露出一部分 Si 衬底表面, 该部分作为允许水平外延生长以便在 SiO_2 上形成 Si 单晶层的一个籽晶(这种情况下, Si 层沉积在 SiO_2 上)。

2.Si 单晶衬底作为一有源层, 并且 SiO_2 形成在该层下面(该方法不需要沉积硅层)。

实现上面方法 1 的已知手段包括采用 CVD 允许单晶 Si 层的直接水平外延生长的方法, 一种沉积非晶 Si 并通过热处理允许其以固相水平外延生长的方法, 一种用诸如电子或激光束之类的会聚能束辐照非晶或多晶 Si 层, 并通过熔融再结晶在 SiO_2 上生长单晶层的方法, 和采用棒形加热器以扫掠轨迹呈现带状(区域熔融再结晶)的方式扫掠熔融区的方法。虽然这些方法各具优缺点, 但就他们的可控制性、产量、一致性和质量而论仍有许多问题, 并且它们中任何一种方法还没有进入工业实用。例如, CVD 方法需要牺牲氧化来提供平坦的膜。固相生长方法提供较差的结晶度。光束退火方法存在有关会聚光束扫描、和光束叠加控制、和聚焦所需时间的问题。在这些方法中, 区域熔融再结晶方法是最成熟的, 并且已用于在实验基础上生产相对大规模的集成电路, 但它仍然造成大量的晶体缺陷, 例如在器件中留有亚晶粒, 因而不能制造小载流子器件和提供极好的晶体。

上面不用 Si 衬底作为外延生长籽晶的方法 2 包括下面四种方法。

(1)在带有在 Si 单晶衬底表面上各向异性腐蚀的 V 型槽 Si 单晶衬底上形成氧化膜, 在氧化膜上沉积多晶 Si 层以使其与 Si 衬底一样厚, 然后通过从 Si 衬底后面磨光在厚多晶 Si 层上形成由 V 型槽围绕的 Si 单晶区, 以便介电分离。该方法提供极好的结晶度, 但是沉积数百微米厚的多晶 Si 和从其背面磨光单晶 Si 衬底以便仅保留分离 Si 有源层的步骤在可控制性和产量方面存在问题。

(2)SIMOX(离子注入氧分离), 该方法通过氧离子注入在 Si 单晶衬底上形成 SiO_2 层, 由于其与 Si 工艺极好的兼容性, 该方法是目前最成熟的技术。然而, 为形成 SiO_2 层, 必须注入 10^{18} 离子/ cm^2 或更多的氧离子, 导致需要大量时间进行注入, 从而使产量下降。另外, 晶片的成本较高。此外, 该方法造成大量的晶体缺陷将留在器件中, 并且不能在工业上提供满意的质量来制造小载流子器件。

(3)通过多孔 Si 氧化由介电分离形成 SOI 结构的方法。在该方法中, 通过质子离子注入(参见 Imai 等人在 J.晶体生长第 63 卷 547 页(1983))或通过

外延生长和图形化将一 N 型 Si 层象岛一样形成在一 P 型 Si 单晶衬底的表面上。以多孔区从表面围绕该 Si 岛的方式用 HF 溶液通过阳极氧化法仅把 P 型 Si 衬底制成多孔，并高速氧化 N 型 Si 岛以便介电分离。在该方法中，要在器件步骤之前确定分离 Si 区，从而限制了器件设计的自由度。

(4)采用热处理或粘合将 Si 单晶衬底键合在被热氧化的不同 Si 单晶衬底上形成 SOI 结构的方法引起注意。该方法需要形成器件有源层作为均匀薄膜。就是说，数百微米厚的 Si 单晶衬底的厚度必须降低到微米或更低的等级。

可使用下面两种方法提供更薄的膜。

1)通过磨光降低厚度

2)通过有选择的腐蚀降低厚度

在 1)中，磨光不易提供均匀的薄膜。特别是，如果厚度降低到亚微米等级，厚度变化将是百分之几十，导致提供均匀性的严重问题。实现均匀度的难度随着衬底尺寸的增加进一步增加。

另外，在 2)中，虽然腐蚀在提供均匀薄膜方面是有效的，但存在下列问题。

.选择比最大为 10^2 并且是不够的。

.腐蚀后获得的表面较差。

.由于在高浓度 B 掺杂 Si 层上采用离子注入或外延或异质外延生长而造成 SOI 层的结晶度较差。

通过键合形成的半导体衬底需要两个衬底，衬底之一主要是通过磨光和腐蚀被去掉和除去，因而浪费了有限的全球资源。因此，目前键合的 SOI 在其可控制性、均匀性、和成本方面存在许多问题。

另外，一般由于用玻璃代表的透光衬底的晶体结构的缺陷，在衬底上沉积的薄膜 Si 层仅能根据衬底的缺陷形成非晶体层或多晶层，因此不能生产高性能器件。其原因是由于衬底的非晶体结构是非晶体，简单地沉积一层 Si 不能获得极好的单晶层。透光衬底在生产接触传感器或作为接收光元件的投射液晶图象显示器件中是重要的。不仅是像素的改善而且高性能驱动元件都要求在传感器或显示器件中达到更高密度、更高分辨率、和更细的像素清晰度。因此，为在透光衬底上提供元件，需要极好结晶度的单晶

层。

在这种 SOI 衬底生产方法中，如日本专利申请特开 No5-21338 中所公开的，在多孔层上形成非单晶半导体层并通过一绝缘层将该层传送到支撑衬底上的方法因 SOI 层的均匀厚度非常好、易于将 SOI 层的晶体缺陷密度保持在较低水平的能力、SOI 层表面的平坦性、不需要专门技术要求制造所需的昂贵设备、和使用相同设备制造范围从约数百埃至 10 微米的各种 SOI 膜厚度的能力而非常优秀。

此外，通过把上述方法与日本专利申请特开 No.7-302889 中公开的方法组合，就是说，通过在第一衬底上形成的多孔层上形成无孔单晶半导体层、通过绝缘层将无孔单晶层键合到第二衬底上、在无破坏的情况下通过多孔层分离第一衬底和第二衬底并使第一衬底的表面平滑并再次形成多孔层重新使用，第一衬底可被使用多次。该方法可明显降低生产成本和简化生产步骤。

存在着几种分离相互键合的衬底以便在不破坏的情况下分成第一衬底和第二衬底的方法。例如，方法之一是在与键合表面垂直的方向拉衬底。另一种方法是与键合表面平行施加剪切力(例如，在与键合表面平行的平面内以相反方向移动衬底或在圆周上以相反方向转动衬底)。可在垂直方向向键合表面施加压力。此外，可向分离区施加诸如超声波之类的波能。也可从键合衬底的侧面与键合表面平行将一个剥离元件(例如象刀那样的利刃)插入分离区。此外，可使用穿过起分离区作用的多孔层的材料的扩展能量。也可从键合衬底的侧面热氧化起分离区作用的多孔层以扩大该层的体积。也可从键合衬底的侧面有选择地腐蚀起分离区作用的多孔层以分离衬底。最后，可使用为提供微腔而通过离子注入形成的层作为分离区，然后用激光束从键合表面的法线方向辐照衬底，以加热包含用于分离的微腔的分离区。

然而，这些用于分离两个相互键合衬底的方法在理想情况下非常优秀，但它们都不适用于半导体衬底的生产。困难之一是键合半导体衬底通常象盘一样成形并具有较小的厚度，例如 0.5 至 1.0mm，键合部分有几个相对大的凹陷，在其上可卡住一个夹具。因此，将每个衬底的定向平坦部分卡在具有装配定向平坦部分并与键合表面平行转动衬底的凹陷部分的卡

具上的方法，或将卡具卡在键合衬底侧面中的键合部分中制成的一个小凹陷部分上以剥离衬底的方法受到限制。基于压力的分离需要非常大的压力，因此迫使设备尺寸增加。在波能方法中，必须充分改善波辐射方法，以使用波能有效地辐射键合衬底，并且刚好在分离之后，所分离的衬底可能部分接触并相互损坏。在从侧面分离中，可弯曲衬底以便仅使其侧面被剥离，其中央部分保持不分离。在从键合衬底侧面向分离区中插入剥离元件的方法中，剥离元件的插入因剥离元件和衬底的摩擦可能造成衬底之间的键合表面损坏。

避免这些问题的一种解决方法是适当地降低分离区的机械强度。然而，该方法可能会增加分离区在衬底键合前受外部冲击损坏的可能性。这种情况下，损坏的分离区部分可能会变成颗粒并弄脏生产设备内部。虽然常规的分​​离方法具有许多优点，它们仍存在上述问题。

本发明的一个目的是提供一种改进的分离方法和设备，它能在无损坏的情况下分离相互键合的衬底以防止分离的衬底被损坏，并且即使在向其施加外力时在分离键合的衬底前不太可能毁坏分离区，从而防止生产设备被颗粒污染。

本发明的特征在于通过向组合元件喷射流体在与该多个元件的键合位置(分离区)不同的位置把具有相互键合的多个元件的组合元件分离成多个元件。

对于这种分离方法，组合元件可以是内部具有分离区的任何元件，而对于半导体衬底生产方法，它必须具有下列结构。组合元件的一个主要例子通过键合第一衬底和第二衬底而键合衬底，第一衬底是一种半导体衬底，在半导体衬底中，分离区在比半导体衬底表面深的部分形成一个层面并与其平行，在该半导体衬底中，比其表面浅的部分没有分离区。就是说，当本发明应用于半导体衬底生产方法时，分离后得到的元件与键合前的第一和第二衬底不同。

根据本发明，分离区位于与第一和第二衬底之间的键合界面(连接表面)不同的位置。在分离步骤中，必须在位于与键合界面不同位置的分离区分离衬底。

因此，分离区的机械强度应适当地比键合界面弱，以使分离区在键合

界面之前被毁坏。因此，当分离区毁坏时，具有预定厚度的第一衬底表面一侧的一部分从第一衬底分离，同时剩余部分键合在第二衬底上，从而将该部分传送到第二衬底。分离区可以通过阳极氧化法形成的多孔层或通过离子注入提供微腔形成的层。这些层具有大量微腔。该区也可以是变形和缺陷集中在晶体晶格中的异质外延层。

分离区也可以是不同的多层。例如，它可由具有不同孔隙的多个多孔层或在与该层垂直的方向孔隙改变的多孔层构成，根据需要而定。

通过例如分离包括由绝缘层相互键合在一起的第一和第二衬底的组合元件而从第一衬底向第二衬底传送的层被用作绝缘层上的半导体层(SOI层)，以制造半导体器件。

可以用所谓的喷水法执行用于分离的流体喷射，该喷水法通过一个喷嘴喷射高压水流。除水之外，该流体也可以是有机溶剂，例如酒精，诸如氢氟酸或硝酸之类的酸，诸如氢氧化钾之类的碱，或能够有选择地腐蚀分离区的液体。最好是主要包括无磨损颗粒的液体。此外，可使用由诸如空气、氮气、二氧化碳、或稀有气体之类的气体组成的流体。也可使用由气体或可腐蚀分离区的等离子体组成的流体。

上面的分离方法可应用到半导体衬底生产方法，以使下列方法成为可能：

1)一种半导体衬底生产方法包括步骤：制备包括多孔单晶半导体层和随后叠在衬底上的无孔单晶半导体层的第一衬底；键合第一衬底和第二衬底，以提供内部具有无孔单晶半导体层的组合元件；和向组合元件中的多孔单晶半导体层附近喷射流体，以便在多孔单晶半导体层处分离组合元件，或

2)一种半导体衬底生产方法包括步骤：向单晶半导体的第一衬底的预定深度注入离子以形成可提供微腔层的离子注入层；通过绝缘层键合第一衬底和第二衬底，以提供其中第一衬底的离子注入表面位于内部的组合元件；和向组合元件的离子注入层附近喷射流体，以使组合元件在离子注入层分离。因此本发明提供了可解决现有问题的半导体衬底生产方法。

图 1A、1B 和 1C 是说明根据本发明分离组合元件的方法的示意图；

图 2A 和 2B 是说明根据本发明采用流体分离组合元件的方法实例的示

意图;

图 3 是根据本发明的分离装置实例的透视图;

图 4 是根据本发明的分离装置另一个实例的截面图;

图 5 是根据本发明的分离装置再一个实例的透视图;

图 6 是根据本发明的分离装置再一个实例的示意图;

图 7 是根据本发明的分离装置再一个实例的示意图;

图 8 是根据本发明采用流体分离组合元件的方法另一个实例的示意图;

图 9 是根据本发明的分离装置另一个实例的示意图;

图 10A 和 10B 是根据本发明的分离装置再一个实例的示意图;

图 11 是根据本发明的分离装置再一个实例的示意图;

图 12 是根据本发明的分离装置再一个实例的示意图;

图 13 是根据本发明的分离装置再一个实例的示意图;

图 14 是根据本发明的另一个分离装置的顶视图;

图 15 是图 14 所示分离装置的侧视图;

图 16 是表明分离组合元件状态的示意图;

图 17 是图 15 所示分离装置处在其备用状态时的截面图;

图 18 是图 15 所示分离装置处在其衬底夹持状态时的截面图;

图 19 是图 15 所示分离装置处在其分离操作开始状态时的截面图; 和

图 20 是图 15 所示分离装置处在其分离操作结束状态时的截面图。

图 1A 至 1C 是根据本发明的分离组合元件的方法示意图。

图 1A 示出第一元件 1 和第二元件 2 键合前的状态。第一元件 1 内部有一个作为该元件分离位置的分离区 3。形状象层的分离区 3 比位于键合表面 4a 该侧的层区 5 的机械强度低。

两个元件 1 和 2 键合, 使键合表面 4a 面对键合表面 4b, 以便形成具有键合界面 14 的盘形组合元件, 如图 1B 所示。从喷嘴 8 向位于组合元件侧面(端面)6 上的分离区 3 的端部喷射流体 7。被喷射流体 7 的分离区 3 被去掉或消除。因此, 组合元件在分离区 3 被分离两个元件 11 和 12, 如图 1C 所示。

层区 5 不出现在分离的元件 11 的分离表面 13a 上, 层区 5 已传送到原

有第二元件 2 的键合表面 4b 上，以露出分离的表面 13b。

于是，得到一个在第二元件 2 上具有薄层区 5 的元件。

通过采用不同材料形成第二元件 2 和层区 5，可容易地生产具有异质键合的元件。这些材料的具体实例包括导体、半导体、和绝缘体，从中选择两种形成第二元件 2 和层区 5。

特别是，最好将硅、石英、玻璃、或在其表面上形成有一绝缘膜的硅作为第二元件。

最好是将诸如硅、锗化硅、碳化硅、砷化镓、或磷化铟之类的半导体材料作为层区。这种材料的层区可部分地包括一个薄绝缘层。

被分成至少两个元件的最佳组合元件是通过键合两个半导体衬底，或一个半导体衬底和一个绝缘衬底得到的，并被称为键合衬底或键合晶片。

分离该组合元件提供极好 SOI 结构的半导体衬底。

键合之前，希望在衬底内部沿键合表面形成分离区。

分离区可以很脆，以便通过喷射流体使组合元件在分离区分离成两部分，并防止损坏除分离区外的其它区。

具体地说，可通过在分离区内部包含多个微腔或注入异质离子使其拉紧而将其变脆。

微腔是用多孔体的气孔或由离子注入产生的气泡形成的，如下所述。分离区优选为 0.1 至 900 μm ，最好是 1 至 10 μm 。

用来根据本发明执行分离的流体流动可通过用一个喷嘴喷射流体来实施。以高速和高压将所喷射的流体转换成细射束的方法可以是象“水喷射”第 1 卷，No.1 第 4 页中介绍的那样用水作为流体的喷水方法。在可用于本发明的水喷法中，通过一个细喷嘴喷射由高压泵加压到数千 kgf/cm^2 的高压水并可切割或处理陶瓷、金属、混凝土、树脂、橡胶、或木材(如果材料坚硬则向水加入象 SiO_2 这样的磨料)，从表层去掉涂料层，或清洗元件表面。如上所述，水力喷射主要用于去掉一部分材料。就是说，执行水力喷射切割从主元件去掉切割边缘，并且去除涂料膜和清洗元件表面以去掉不想要的部分。如果根据本发明用水力喷射来形成流体流，可向键合衬底侧面(端面)上的键合界面喷射，以便至少从侧面去掉一部分分离区。这种情况

下，对着键合衬底侧面露出的分离区和对着分离区附近的一部分第一和第二衬底喷射水流。然后，用水力喷射去掉或破坏低机械强度的分离区，以便把组合元件分离成两个衬底而不毁坏每个衬底。即使分离区不暴露在侧面而是因任何原因由一特定的薄层覆盖，可用水流去掉覆盖侧面上分离区的层，然后去掉从侧面露出的分离区。

虽然在现有技术中不经常使用，可对着两个刻有槽的键合衬底侧面上的小凹陷部分喷射水流，就是说，在衬底周围渗透和扩展脆性结构分离区中的微腔或细孔，以分离键合衬底。该操作不打算进行切割或去除，从分离区出现小芯片并可分离组合元件，而不需要磨蚀颗粒或毁坏通过分离获得的表面，即使分离区的材料不能被水流去除。这不是一种切割或磨光效果，而是由流体提供的一种楔形效果。因此，如果在键合衬底的侧面有凹陷或窄裂缝并且在分离区剥离衬底的方向施加水流的喷射力将是非常有效的。为获得足够的效果，键合衬底侧面最好凹陷而不是突出。

图 2A 和 2B 示出该效果。在图 2A 和 2B 中，901 和 911 表示第一衬底，902 和 912 表示第二衬底，903 和 913 表示分离区，904 和 914 表示半导体层，905 和 915 表示绝缘层，906 和 916 表示键合界面，907 表示一股流体，908 和 918 表示由流体施加到衬底上的力的方向。

图 2A 概念性地示出当键合衬底端面侧为凹陷时由水力喷射施加到衬底的力的方向。在凹陷部分扩展的方向，即键合衬底剥离的方向施加力。相反，图 2B 概念性地示出当键合衬底端面侧突出时由水力喷射施加到衬底的力的方向。这种情况下，不是在剥离键合衬底的方向施加力，因此，除非最初可去掉一部分分离区，否则衬底不能相互分离。

即使侧面不露出分离区，而是因任何原因而被特定的薄层覆盖，由于在分离区附近扩展的方向中施加力以破坏覆盖侧面上分离区的薄层并且此后扩展并破坏分离区，所以当键合衬底的侧面如上所述凹陷时，可获得足够的分离效果。为有效地接受这股水力喷射，希望凹陷部分的孔径宽度等于或大于水力喷射直径。当用本发明制造半导体衬底时，由于第一和第二衬底的厚度小于 1.0mm，键合衬底厚度，即组合元件的厚度小于 2.0mm。由于凹陷部分的孔径宽度通常约为该值的一半，水力喷射的直径最好是 1.0mm 或更小。实际上，可利用约 0.1mm 直径的水力喷射。

喷射流体的喷嘴可以是任何形状，包括圆形。也可使用狭长喷嘴。通过经这种喷嘴喷射流体，可形成薄带形的水流。

可根据分离区的类型或键合衬底侧面的形状任意选择水力喷射的各种喷射条件。例如，喷射压力与其扫掠速度、喷嘴直径(约等于水流直径)和其形状、喷嘴与分离区之间的距离和流体的流速都是重要参数。

在实际的分离步骤中，在从与键合表面平行的方向喷射水流或固定水流而平行移动键合衬底的同时通过沿键合表面扫过喷嘴可实现分离。另外，可扫掠水流以便围绕喷嘴形成扇形状，或者如果象通常的情况，键合衬底为诸如具有定向平面或槽的晶片之类盘的形状，可以绕作为转动中心的固定喷嘴的位置转动键合衬底。此外，可以根据需要从成角度的方向向分离区喷射水流，而不是将喷嘴放在与键合界面相同的平面中。水流的扫掠不限于这些方法，而可根据需要用任何其它方法进行。由于水力喷射的直径很小并且喷射方向几乎与衬底表面平行，矢量分解力表明很少向衬底施加几千 kgf/cm^2 的高压。由于除分离区外水力喷射仅向键合衬底施加数百克的力，防止了衬底的损坏。

可使用诸如酒精之类的有机溶剂，诸如氢氟酸或硝酸之类的酸，或诸如氢氧化钾之类的碱，或能够有选择地腐蚀分离区的液体来代替水。此外，可使用由诸如空气、氮气、二氧化碳气、或稀有气体之类的气体作为流体。也可使用气体或可腐蚀分离区的等离子体。由于将用于组合元件分离方法的水引入生产半导体衬底的工艺中，希望使用具有最少量杂质金属和颗粒的纯水和超高纯度水，但由于完善的低温处理，可冲洗衬底并在使用水力喷射分离之后去掉杂质金属和颗粒。特别是，在本发明中，流体最好没有磨损颗粒以便不会在衬底中留下不希望的划痕。

根据本发明的半导体衬底可用于制造半导体器件和把绝缘层上的单晶半导体层形成微结构，而不是电子器件。

图3是根据本发明一个实施例的分离装置的示意图。

参考标号101表示作为组合元件的键合晶片；102表示流体喷嘴；103表示用于调节喷嘴102垂直位置的垂直移动机构；104表示用于调节喷嘴102水平位置的水平移动机构；115表示用于调节晶片水平位置的水平运动机构；105表示作为夹持器的晶片夹持器。

参考标号 113、114 和 116 表示导杆。

在图 3 所示的装置中，利用移动机构 103、104、和 115 使喷嘴 102 与晶片 101 分离区的端部对齐并从喷嘴 102 向晶片 101 侧面上的分离区端部喷射高压流体，同时在水平和垂直方向移动喷嘴而晶片 101 保持固定来进行晶片分离操作。

参考标号 106 表示根据需要使用的支座材料并由多孔或无孔弹性体组成。

图 4 是用于本发明的分离装置另一个实例的透视图。图 4 中，401 表示作为组合元件键合成整体的两个 Si 半导体晶片，该组合元件内部具有作为分离区的多孔层。参考标号 403 和 404 表示使用真空吸盘吸住和固定半导体晶片 401 并在同一旋转轴上可旋转地安装的夹持器。夹持器 404 装配在轴承 408 中并由支柱 409 支撑，其后端直接耦合到速度控制电机 410 的转轴。于是，控制电机 410 可使夹持器 404 以任何速度旋转。另一个夹持器 403 装配在轴承 411 中并由支柱 409 支撑，压缩弹簧 412 设置在夹持器 403 的后端和支柱 409 之间，在夹持器 403 离开半导体晶片 401 的方向施加力。

设定半导体晶片 401 以使其与定位支杆 413 的凹陷部分对应并由夹持器 404 吸住和固定。夹持器 404 利用支杆 413 夹持半导体晶片 401 中部以调节晶片 401 的垂直位置。向左对着弹簧 412 移动夹持器 403 到其吸住和夹持半导体晶片 401 的位置。这种情况下，压缩弹簧 412 向夹持器 403 施加向右的力。由压缩弹簧 412 施加的反作用力和夹持器 403 吸住半导体晶片 401 的力平衡，因此压缩弹簧 412 的力不使夹持器 403 离开晶片 401。

从喷射泵 414 向喷嘴 402 输送流体并继续输出直到喷射的流体稳定。一旦流体的流动稳定，移动喷嘴，打开挡板 406，流体从喷嘴 402 对着半导体晶片 401 的厚度中心喷向衬底 101 侧面。此刻，由电机 410 转动夹持器 404 以转动半导体晶片 401 和夹持器 403。通过对着厚度方向的中心周围喷射流体，半导体晶片 401 延伸，使半导体晶片 401 中相对弱的多孔层损坏，并且最终分离成两部分。

如上所述，流体均匀地施加到半导体晶片 401，向右的力施加到夹持半导体晶片 401 的夹持器 403，因此分离后所分开的半导体晶片 401 不会

滑脱。

也可通过平行于键合晶片 401 的键合界面(表面)扫掠喷嘴 402 而不是转动晶片 401 来分离键合晶片 401。然而，当通过扫掠喷嘴 402 而不是转动键合晶片 401 进行分离时，0.15mm 直径的喷嘴需要 2000kgf/cm^2 的高压水，而在通过转动键合晶片 401 而固定喷嘴 402 时仅需要 200kgf/cm^2 的压力。

这是由于与扫掠喷嘴相比，水喷射到键合晶片 401 中心，使水压有效地起到扩展力的作用。

降低水压可获得下面的效果。

- 1)可分离晶片而不造成损伤。
- 2)由于增加了泵的可用容量可同时使用大量喷射。
- 3)可减小泵的尺寸和重量。
- 4)可供泵和管道使用的材料范围较宽，以使该装置易于利用纯水。
- 5)泵，特别是喷射的声音降低，便于采用防声测量。

图 4 所示的晶片夹持装置利用夹持器 403 和 404 夹持晶片以从两侧吸住晶片，但也可从夹持器 403 和 404 的两侧对其加压来夹持晶片。这种情况下，在延伸键合晶片 401 以在它们中形成小缝隙时高压水也推进，并最终将它们分成两部分。

夹持器 403 和 404 与键合晶片 401 之间的接触部分越小，高压水扩散到晶片 401 时键合晶片 401 越可灵活地移动。由过量高压造成的应力集中和键合晶片 401 的分离界面中出现的水起到防止断裂和使晶片易于扩展的作用。这些点能促进有效分离。例如，当夹持器 403 和 404 与键合晶片 401 之间的接触部分的直径为 30mm 或更小时，在喷嘴直径为 0.2mm 和压力为 400kgf/cm^2 的条件下，键合晶片 401 不会断裂并在键合晶片 401 转动一圈期间可分成两部分。

另外，夹持器 403 和 404 与键合晶片 401 之间的接触部分越大，当高压水扩散到晶片 401 时对键合晶片 401 后表面的支撑越坚固，从而防止在分离期间断裂。在夹持器 403 和 404 与键合晶片 401 之间的接触部分的直径为 100mm 或更大时，在喷嘴直径为 0.2mm 和压力为 400kgf/cm^2 的条

件下，键合晶片 401 可分成两部分而不会断裂。

如果在夹持器 403 和 404 与键合晶片 401 之间夹杂着诸如颗粒之类的杂质，键合晶片 401 不再被夹持在垂直方向，使喷嘴 402 朝向键合晶片 401 顶部的其垂直方向向纵向或横向偏离，因而不能使高压流体有效地冲击晶片 401 中的分离界面。为防止这种情况，可用大量细小的隆起形成与键合晶片 401 接触的夹持器 403 和 404 的表面来减小接触面积，以减小可能夹有杂质的效果。

在图 4 所示的支撑装置中，转动夹持器 404 以使夹持器 403 随其转动，以便在使旋转停止的方向中作用微小的力，并可在分离界面出现扭矩，直到键合晶片 401 完全分离。这种情况下，夹持器 403 和 404 可同步旋转以防止分离界面中的扭矩。下面将详细描述该方法。

图 5 示出根据本发明的另一种分离装置。在该图中，标号 204 表示晶片水平驱动机构，205 表示晶片载体，206 表示晶片传送臂。如该图所示，晶片盒 205 放置在盒座 207 上以使晶片 201 在水平方向排列。利用晶片装载机械手 206 将晶片 201 装载在晶片支撑座 204 上。利用诸如传送带之类的支撑座移动机构把装有晶片 201 的晶片支撑座 204 传送到高压喷嘴 202 和 203 的位置。通过位于晶片侧面的流体喷射装置的喷嘴 202 和 203 从与键合晶片中的键合界面(表面)平行的方向向通过斜削形成的晶片凹陷部分中的分离区喷射高压流体。这种情况下，喷嘴固定而键合晶片在水平方向扫掠以便沿通过斜削形成的凹陷部分接受高压流体。可根据需要采用一个或两个喷嘴 202 和 203。

该操作使晶片在多孔 Si 层被分成两部分。虽然图中未示出，另一个装载机械手存放作为第一和第二衬底分离的晶片。

在水平喷射法中，不需要固定晶片，并且分离后不会因其自身重量从晶片支撑座 204 跳出。作为替换，晶片装载到晶片支撑座后，可在晶片顶部插入防跳销，以便从晶片支撑座 204 伸出盖住晶片或轻轻地压在晶片顶部。

此外，可放置多个键合晶片并设定在相对于其表面的垂直方向，然后可通过水平扫掠分离键合晶片的一个分离区。晶片套件夹具可在垂直方向依次移过与晶片间隔相等的距离，以便随后与键合晶片的第一次分离类似

通过水平扫掠分离键合晶片的第二分离区。

图 6 示意性地示出根据本发明的另一种装置。该图从原理上示出该实施例中使用的水力喷射装置的喷嘴及其移动。如图 6 所示，由夹持器 310 夹持键合晶片 301 以便竖立在垂直方向。通过位于晶片上方的喷射装置的喷嘴 302，从与键合晶片的键合界面(表面)平行的方向对着通过斜削形成的晶片的凹陷部分喷射高压流体。这种情形下，喷嘴 302 和使喷嘴在一平面内摆动以形成扇形面的支撑点 303 放置在与晶片中的键合表面同一个平面内。在晶片中的键合表面内摆动喷嘴以便在该表面内摆动喷射的流体。该操作使高压喷射沿键合晶片边缘中键合部分中的凹陷部分或缝隙移动并喷射。这样又使流体对着宽分离区喷射，而不需要在键合表面内准确地移动喷嘴的机械手或更复杂的机械机构来移动或转动键合晶片。

图 7 从原理上示出根据本发明的另一种分离装置，即对着键合晶片 501 的周边喷射一束水流 503 的另一种方法。用夹持器 510 固定键合晶片 501，并且可绕晶片转动喷嘴 502，以允许在晶片的整个边缘上对着键合部分喷射水流 503。夹持晶片中心并绕晶片 501 安装与晶片同心的横梁(图中未示出)，喷嘴 502 固定在其上的夹具 512 可在横梁上滑动，以使水流 503 绕晶片 501 对着键合部分喷射。

图 8 示出根据本发明的分离装置的另一个实例。在该图中，601 是第一晶片，602 是第二晶片，603 是键合表面，604 是水流，605 是由流体喷射施加到晶片的力的方向，参考标号 606 表示流体喷射和键合表面之间的角度。根据该实施例，设定喷嘴 611 和夹持器 610 的位置，以使从喷嘴 611 喷射的水流方向从与晶片中分离表面平行的方向倾斜 α 角。

用图 4 中所示的装置夹持晶片并如图 8 所示设置喷嘴，以便对着晶片的侧面喷射流体。由于水流 604 从键合表面倾斜 α 角(606)，对两个晶片 601 和 602 施加不同的压力。在图 8 所示的实例中，水流向其倾斜的晶片 602 被施加相对小的力，而向相对的晶片 601 施加较大的力。当水流在与其中形成多孔 Si 的晶片相对的侧面倾斜时，容易破坏多孔 Si 或微腔层。因此，希望安装键合晶片，以使晶片 601 包含多孔 Si。

图 9 示出根据本发明的另一种分离装置。在该图中，705 和 706 是流体喷射装置喷嘴 702 和 703 的垂直驱动机构，707 是水流装置喷嘴 704 的

水平驱动机构，708 是晶片夹持器。

如图 9 所示，用晶片夹持器 708 夹持键合晶片 701 两侧以竖立在垂直方向。这种情况下，具有一个定向平坦部分的晶片的侧面朝上。通过位于晶片上方或侧面的多个(在该实例中是三个)喷射装置的喷嘴 702、703、和 704，从与键合晶片中的键合界面(表面)平行的方向对着通过斜削形成的晶片 701 中的凹陷部分或缝隙喷射高压流体。每个喷嘴的结构与图 3 中的相同。这种情况下，该多个喷嘴 702、703 和 704 在高压流体沿通过斜削形成的缝隙移动的方向沿导杆 711、712、和 713 扫掠。

这样，键合晶片被分成两部分。

仅使用一个喷嘴时，需要足以在与其直径对应的距离分离晶片的高压。当压力仅足以在与其半径对应的距离内分离晶片时，必须将晶片上侧向下翻转以便再次在与其半径对应的距离分离。可用多个喷嘴使每个喷嘴仅在对应其半径的距离内分离晶片，省略了在其上侧向下翻转后对着晶片再次喷射高压流体的要求，可在一个步骤过程中可分离晶片的整个表面。

图 10A 和 10B 示出根据本发明的另一种分离装置。在该图中，801 是作为组合元件的键合晶片，802 是流体喷射的喷嘴，803 是流体。通过位于晶片上方或侧面带有喷射装置狭缝形开口的喷嘴，从与键合晶片中的键合界面(表面)平行的方向对着通过斜削形成的晶片中的缝隙喷射高压纯水，同时使键合晶片与夹持器 811 垂直竖立，如图 10A 和 10B 中所示。与键合晶片中的键合界面(表面)平行设置狭缝并定位，以便对着通过斜削形成的晶片中的缝隙准确地喷射线状水流。多个喷嘴在高压流体沿通过斜削形成的缝隙移动的方向扫过。

通过在晶片的直径上增加狭缝的长度省略扫掠喷嘴的需要。

这种狭缝形喷嘴的效果是可在比带有非常小直径的单个喷嘴低的压力下分离晶片。虽然压力较低，通过增加喷射高压流体的面积，可增加用来分离晶片的能量以使其易于分离。

不仅可使用具有狭缝形开口的喷嘴，而且可将如图 11 所示排成一排对着键合晶片 1201 喷射流体的多个喷嘴 1202 用于本发明以获得相似结果。参考标号 1211 表示晶片夹持器。

图 12 示出根据本发明的另一种分离装置，可同时使用多个水流分离多

个晶片。在图 12 装置的基本结构中，与图 3 中相似的部件是独立安装的。在夹持器 1005a 上设定晶片 1001a，从喷嘴 1002a 喷射的高压流体冲击晶片 1001a 的斜削部分。喷嘴 1002a 可在与由水平移动机构 1004a 拉动的片垂直的方向移动，而同时对着斜削部分喷射高压流体。由图右侧具有喷嘴 1002b、水平移动机构 1004b、和夹持器 1005b 的装置执行相似的操作。该结构使产量加倍。虽然该图示出两套喷射装置，可安装三套或更多这种装置。

另外，当高压泵不具有大容量时，可在喷射左高压流体的同时更换右晶片，反之亦然。这样只要求有一套装载和卸载机械手。

图 13 示出根据本发明的另一种分离装置，其中在晶片夹持装置 1105 上放置晶片 1101a、1101b、1101c、1101d、和 1101e。在一组喷嘴移动机构 1103 和 1104 中装配多个喷嘴 1102a 至 1102e。喷嘴间隔与晶片固定间隔相同。夹持机构和喷嘴的移动方法与图 3 中的相似。

通过使每个晶片的中心轴对齐，在夹持器 1115a 和 1115b 之间、夹持器 1115b 和 1115c 之间、夹持器 1115c 和 1115d 之间、夹持器 1115d 和 1115e 之间、或夹持器 1115e 和 1115f 之间分别固定五个晶片，所有晶片可在导杆 1114 上沿水平方向移动。

作为公用流体供液管和喷嘴垂直移动机构的可移动供液管经分配器 1113 连接到五个喷嘴 1102a 至 1102e。

在喷嘴备用位置使每个喷嘴喷射的流体的量和压力稳定后，所有喷嘴 1102a 至 1102e 沿导杆 1111 移动到晶片分离位置，然后进一步沿导杆 1111 前进以分离晶片。

一旦完成分离，减少流体喷射量或停止喷射，以使喷嘴返回到其备用位置。

在图 10A 至 13 所示的装置中，可通过喷射流体并同时转动晶片夹持器来转动晶片进行分离。

图 14 和 15 是表示用于本发明的组合元件分离装置的顶视图和侧视图。

该分离装置具有转动同步机构，并可在相同方向以相同角度转动夹持组合元件第一表面的第一夹持器和夹持组合元件第二表面的第二夹持器。

当转动驱动力仅施加到组合元件的一个表面或未提供如上所述的同步时，可能出现下面的现象。

刚好在作为组合元件的晶片的整个晶片上完成分离之前，存在一个最后被分离的非常小的区域在分离表面上某个地方仍未被分离的时刻。根据该非常小的未分离区域的位置可假设以下两种状态。

第一种状态是未分离区几乎保留在分离表面中心的情况，第二种状态是微分离区保留在除中心之外区域的情况。图 16 在原理上示出这些状态。

如果从晶片周边向其中心的分离过程均匀或如果靠近分离表面中心的强度高，则出现第一种状态。这种情况下，如果转动驱动力仅施加到晶片一侧的夹持器 21 之一，该转动使非常小的未分离区拧断并分离。

如果在流体喷射的初始步骤期间，断裂在晶片半径范围延伸或从某一周边部分延长导致快速分离或除分离表面中心附近外的区域的强度高，则出现第二种分离状态。这种情况下，如果转动驱动力仅施加到晶片一侧的夹持器 21 之一，该转动使应力共享，从而使非常小的未分离区分离。

这是由于相对的夹持器 22 未受到无关的驱动力并且仅通过晶片转动，即使一个轴承轻轻地夹持夹持器 21，造成在停止夹持器 22 转动的方向作用轻微的力。

该扭力或剪力在除施加到分离表面垂直方向之外的方向上产生合力，导致除分离表面外的不希望的分离子分离。

于是当在转动的同时分离晶片并且如果转动地驱动晶片而不使其两侧相互同步时，可在除所希望的晶片分离表面外的表面出现分离，或可能损坏晶片或有源层。这些现象大大降低了产量。

用于支撑可控制速度的电机 32 的电机托架 36 和用于可转动地支撑电机轴 31 的一对轴托架 37 固定在支座 40 上。

此外，用于可转动地支撑夹持器 21 的第一夹持器托架 33 和用于可转动地支撑夹持器 22 的第二夹持器托架 34 固定在支座 40 上。

安装在电机轴 31 上的定时皮带轮 29 和安装在夹持器 21 的转动轴 23 后端的定时皮带轮 25 以借助定时皮带 27 在相同方向转动的方式连接在一起。

同样，安装在电机轴 31 上的定时皮带轮 30 和安装在夹持器 22 的转动

轴 24 后端的定时皮带轮 26 以借助定时皮带 28 在相同方向转动的方式连接在一起。

皮带轮 25 和 26 具有相同驱动半径，皮带轮 29 和 30 具有相同驱动半径。

定时皮带 27 和 28 相同。

来自电极 32 的驱动力经皮带轮和皮带从轴 31 传送到夹持器 21 和 22，以便在相同方向相同定时以相同角速度转动夹持器 21 和 22。

在图 15 中，60 是喷射流体的喷嘴，61 是挡板。为清楚起见，简化对喷嘴和挡板的说明。

用固定夹具(未示出)将喷嘴 60 固定在支座 40 上，在支座 40 上设置晶片定位部件 35 以便与喷嘴 60 对齐。

图 17 是分离装置的夹持器夹持晶片 20 之前的局部截面图。

夹持器 21 和 22 是准确吸住和夹持晶片的夹持部分 45a 或 46a；使夹持部分 45a 或 46a 与转动轴 23 或 24 一起转动的固定部分 45b 或 46b；和制动器 41 和 42 或 43 和 44 的一个组件。

使用管道 52 和通过增压通道 56 的增压气体，夹持部分 45a 可在其离开转动轴 23(图中向右)的方向克服压缩弹簧(螺旋弹簧)移动。

在夹持部分 45a 中心附近设置一个开口 op 并与转动轴中的减压通道 55 相通。使用经减压管 51 与开口 op 相连的真空泵(未示出)，向开口 op 中抽真空以减小气压。

通过由转动轴 23 引导使夹持器 21 或 22 的架持部分 45a 直接吸住晶片，如图 17 所示，并用从增压管 52 引入的空气压力使夹持器 21 或 22 向前(图中向右)移动。由压缩弹簧 47 使夹持器 21 或 22 向后(图中向左)移动。使用制动器 41 和 42 使夹持部分 45a 随转动轴转动。夹持器 22 与夹持器 21 基本上镜像对称并具有相同的机构。当键合晶片 20 被定位和夹持在夹持器 22 上时，为使键合晶片 20 和喷嘴 60 总是设置在规定位置，控制和调节压力，以便在向前操作期间向夹持器 21 施加比向夹持器 22 更强的力，而在向后操作期间向夹持器 22 施加比向支架 21 更强的力。

下面描述该装置的使用，即根据本发明分离组合元件的方法。设置键合晶片 20 以使其装在定位座 35 的凹口中，如图 17 所示。然后引入加压空

气以使夹持部分 45a 前进，从而使夹持器 21 吸住并夹持晶片，如图 18 所示。夹持器 21 可将键合晶片 20 装在定位支座 35 的凹口上以夹持键合晶片 20 的中心。当键合晶片 20 被夹持在准确位置时，喷嘴 60 垂直地位于键合晶片 20 的顶部，键合晶片 20 和喷嘴 60 之间的距离是 10 至 30mm。夹持器 22 的夹持部分 46a 向前移动(图中向左)吸住和夹持键合晶片 20，并停止供给夹持部分 46a 加压空气。键合晶片 20 因图中向右作用的力是由压缩弹簧作用的力和真空吸引力的组合而停止。由压缩弹簧产生的力不超过夹持部分 46a 吸住键合晶片 20 所需的力，因此不会出现对减压通道 55 或 57 内部真空的破坏，真空破坏又会消除吸引力以使晶片 20 脱落。

然后在一特定的时间周期从泵 62 向喷嘴 60 输送流体直到喷射的流体稳定。一旦流体达到稳定，打开挡板 61，从喷嘴 60 对着键合晶片 20 厚度方向的中心喷射高压流体。此刻，转动速度控制电机 32，以便同步地转动夹持器 21 和 22，从而转动晶片 20。通过对着晶片 20 厚度方向的中心喷射高压流体，高压流体也可进入分离区以扩展键合晶片 20，从而最终将其分成两部分。

由于对着键合晶片 20 均匀地施加高压流体，并且夹持器 21 和 22 分别在拉动键合晶片 20 方向施加力，如上所述，分离件进一步相互离开并防止滑动。

另外，在图 17 至 20 中所示的晶片支撑装置中，晶片在夹持器从晶片向后移动的方向受力时被夹持器 21 和 22 支撑，但夹持器 21 和 22 可在向前的方向作用力，该压力可用于夹持晶片。这种情况下，在扩展键合晶片 20 以产生小缝隙的同时高压流体也前进，从而最终使晶片分成两部分。在该方法中，如果夹持器 21 和 22 不相互同步，分离件的键合表面因滑动而相互损坏，如果夹持器同步转动，则不发生损坏。此外，当在夹持器 21 和 22 向后移动的方向施加力时，在分离期间晶片 20 被夹持器 21 和 22 吸住向后移动，并且在已分离部分和未分离部分之间可能出现位移量的差异，使键合晶片 20 不平衡，从而在喷射高压流体时产生裂缝。然而，如果在夹持器 21 和 22 向前移动的方向向夹持器 21 和 22 施加力，键合晶片 20 将保持平衡以使晶片稳定分离。

可对着整个分离晶片喷射高压或气压流体，以便在其向后移动的方向

作用力，从而截断进入的水的表面张力，从而将其完全分离成两部分。

如上所述，根据本发明的分离装置使用流体依次或同时分离一个或多个组合元件。组合元件可在表面的法线方向或与表面平行并列。

作为替换，组合元件可转动或与表面平行移动，以接受流体，或该束流体可与表面平行移动以冲击组合元件侧面，或者组合元件和流体可一起移动。

(实例 1)

(一个多孔层和喷嘴扫掠)

将具有 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$ 电阻率的第一 P 型(或 N 型)单晶 Si 衬底放置在 HF 溶液中阳极氧化。下面列出阳极氧化条件

电流密度: $7(\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2})$

阳极氧化溶液: HF:H₂O:C₂H₅OH=1:1:1

时间:11(分钟)

多孔 Si 层的厚度: $12(\mu\text{m})$

多孔 Si 层也作为分离层以形成高质量外延 Si 层，就是说，单一的多孔 Si 层提供多种功能。

多孔 Si 层的厚度不限于上面的值，但可在 0.1 和数百 μm 之间。

在 400 °C 的氧气中将该衬底氧化一小时。氧化使多孔 Si 层中孔的内壁被热氧化膜覆盖。用氢氟酸处理多孔 Si 层的表面以便仅除去多孔 Si 层表面上的氧化膜而保留孔内壁上的氧化膜，然后使用 CVD 以使单晶 Si 层在多孔 Si 层上外延生长 $0.3 \mu\text{m}$ 。生长条件列出如下：

源气体: SiH₂Cl₂/H₂

气体流速: 0.5/180l/min.

气压: 80 Torr

温度: 950 °C

生长速度: $0.3 \mu\text{m}/\text{min}$.

此外，使用热氧化在外延 Si 层上形成 200nm 厚的氧化膜(一层 SiO₂ 层)作为一绝缘层。

将分开准备的第二 Si 衬底的表面放置在 SiO₂ 层的表面以使它们相互

接触。然后在 1180 °C 对这些衬底进行五分钟的热处理以便键合。

为使用图 3 所示装置分离以这种方式形成的键合衬底，由晶片夹持器从两侧支撑该键合晶片，以使其垂直竖立。从位于晶片上方的水力喷射装置 0.15mm 的喷嘴从与键合晶片中的键合界面(表面)平行的方向向通过斜削形成的晶片中的缝隙喷射 2000kgf/cm² 无磨损物质的高压纯水。用喷嘴水平驱动机构在高压纯水沿通过斜削形成的缝隙移动的方向扫掠喷嘴。这种情况下，当在晶片和夹持器相互接触的部分使用合成橡胶 106(例如合成橡胶，氟橡胶或硅橡胶)时，晶片将在相对于其表面的垂直方向打开，以使高压水进入由晶片夹持器所夹持的该部分多孔 Si 层，从而使晶片分离。

结果是，SiO₂ 层、外延 Si 层和最初在第一衬底表面上形成的多孔 Si 层部分被传送到第二衬底。仅有剩余的多孔 Si 层部分保留在第一衬底表面上。

接下来，用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀传送到第二衬底的多孔 Si 层。不腐蚀保留的单晶 Si 层，从而采用单晶 Si 层作为腐蚀阻挡材料通过有选择地腐蚀将多孔 Si 层整个去掉。

用腐蚀溶液腐蚀无孔 Si 单晶的速度很慢，该腐蚀速度与多孔层腐蚀速度的选择比是 1:10⁵ 或更大。因此，无孔层的腐蚀部分的量(约数十埃)对应的厚度减少实际上可忽略。

在 Si 氧化膜上形成 0.2 μ m 厚的单晶 Si 层。该单晶 Si 层不受多孔 Si 层有选择地腐蚀的影响。当在所形成的单晶 Si 层整个表面 100 个点测量厚度时，得到的值是 201nm ± 4nm。

用电子透射显微镜观察截面表明在 Si 层中不出现新晶体缺陷并保持极好结晶度。

在 1100 °C 的氢气中进一步进行 1 小时的热处理并用原子间力显微镜评估表面粗糙度。50-μ m 平方区的均方粗糙度约为 0.2nm，与可买到的 Si 晶片的相似。

通过在第二衬底的表面上而不是在外延层上形成氧化膜或将其形成在两个表面上可获得相似的效果。

另外，使用 40 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌

有选择地腐蚀保留在第一衬底上的多孔 Si 层。接下来，利用氢气退火或诸如表面磨光之类的表面处理可针对上面的过程重新使用第一或第二衬底。

(实例 2)

(双多孔层和喷嘴扫掠)

对具有 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$ 电阻率的第一 P 型单晶 Si 衬底在 HF 溶液中进行两步阳极氧化以形成双多孔层。下面列出阳极氧化条件。

第一步骤

电流密度: $7(\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2})$

阳极氧化溶液: HF:H₂O:C₂H₅OH=1:1:1

时间: 5(分钟)

第一多孔 Si 层的厚度: $4.5(\mu \text{m})$

第二步骤:

电流密度: $30(\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2})$

阳极氧化溶液: HF:H₂O:C₂H₅OH=1:1:1

时间: 10(秒)

第二多孔 Si 层的厚度: $0.2(\mu \text{m})$

形成双多孔 Si 层，并使用由低电流阳极氧化的表面多孔 Si 层以形成高质量外延 Si 层，而使用高电流阳极氧化的下面多孔 Si 层作为分离层。就是说，不同的层被分配不同功能。因此，低电流多孔 Si 层的厚度不限于上面的值，但可在 0.1 至数百 μm 之间。

另外，可以在第二多孔 Si 层上形成第三和后面的层。

在 400°C 的氧气中将该衬底氧化一小时。氧化使多孔 Si 层中的孔的内壁被热氧化膜覆盖。用氢氟酸处理多孔 Si 层的表面以便仅除去多孔 Si 层表面上的氧化膜而保留孔内壁上的氧化膜，然后使用 CVD 使单晶 Si 层在多孔 Si 层上外延生长 $0.3 \mu \text{m}$ 。生长条件列出如下：

源气体: SiH₂Cl₂/H₂

气体流速: 0.5/180l/min.

气压: 80 Torr

温度: 950°C

生长速度:0.3 μ m/min.

此外,使用热氧化在外延 Si 层上形成 200nm 后的氧化膜(一层 SiO₂ 层)作为绝缘层。

将分开准备的第二 Si 衬底的表面放置在 SiO₂ 层表面以使它们相互接触。然后在 1180 $^{\circ}$ C 对这些衬底进行五分钟的热处理以便键合。

使用图 3 所示装置分离以这种方式形成的键合衬底,分离过程与实施例 1 中采用的相同。结果是, SiO₂ 层、外延 Si 层和最初在第一衬底表面上形成的多孔 Si 层部分被传送到第二衬底。仅有剩余的多孔 Si 层部分保留在第一衬底表面上。

接下来,使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀传送到第二衬底的多孔 Si 层。不腐蚀保留的单晶 Si 层,从而采用单晶 Si 层作为腐蚀阻挡材料通过有选择地腐蚀将多孔 Si 层整个去掉。

在 Si 氧化膜上形成 0.2 μ m 厚的单晶 Si 层。该单晶 Si 层不受多孔 Si 层有选择地腐蚀的影响。当在所形成的单晶 Si 层的整个表面测量 100 个点测量厚度时,得到的值是 200nm \pm 4nm。

用电子透射显微镜观察截面表明在 Si 层中不出现新晶体缺陷并保持极好的结晶度。

接下来在 1100 $^{\circ}$ C 的氢气中进行 1 小时的热处理并用原子间力显微镜评估表面粗糙度。50 μ m 平方区的均方粗糙度约为 0.2nm,与可买到的 Si 晶片的相似。

通过在第二衬底的表面上而不是在外延层的表面上形成氧化膜或将其形成在两个表面上可获得相似的效果。

另外,使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀保留在第一衬底上的多孔 Si 层。接下来,利用氢气退火或诸如表面磨光之类的表面处理,重新使用第一或第二衬底以重复上面的过程。

(实例 3)

(多孔 Si 层+通过离子注入形成的分离层和喷嘴扫掠)

在 HF 溶液中对具有 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$ 电阻率的第一 P 型单晶 Si 衬底进行阳极氧化。

下面列出阳极氧化条件。

电流密度: $7(\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2})$

阳极氧化溶液: HF:H₂O:C₂H₅OH=1:1:1

时间: 11(分钟)

多孔 Si 层的厚度: $12(\mu\text{m})$

在 400 °C 的氧气中将该衬底氧化一小时。氧化使多孔 Si 层中孔的内壁被热氧化膜覆盖。用氢氟酸处理多孔 Si 层表面以便仅除去多孔 Si 层表面上的氧化膜而保留孔内壁上的氧化膜, 然后使用 CVD 使单晶 Si 层在多孔 Si 层上外延生长 $0.3 \mu\text{m}$ 。生长条件列出如下:

源气体: SiH₂Cl₂/H₂

气体流速: 0.5/180l/min.

气压: 80 Torr

温度: 950 °C

生长速度: $0.3 \mu\text{m}/\text{min}$ 。

此外, 使用热氧化在外延 Si 层上形成 200nm 的氧化膜(一层 SiO₂ 层)作为一绝缘层。

以使离子的投射行程存在于外延层/多孔 Si 界面、多孔 Si/衬底界面、或多孔 Si 层中的方式从第一衬底表面注入离子。这样允许作为分离层的层形成在与投射行程对应的深度, 作为由微腔或浓缩注入离子形成的应力层。

在诸如 N₂ 等离子体处理之类的预处理之后, 将分开准备的第二 Si 衬底的表面放置在 SiO₂ 层表面以使它们相互接触。然后在 600 °C 对这些衬底进行 10 小时热处理以便键合。

使用图 3 所示装置分离以这种方式形成的键合衬底, 分离过程与实施例 1 中采用的相同。结果是, SiO₂ 层、外延 Si 层和最初在第一衬底表面上形成的多孔 Si 层部分被传送到第二衬底。仅有剩余的多孔 Si 层部分保留在第一衬底的表面上。

接下来，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀传送到第二衬底的多孔 Si 层。不腐蚀保留的单晶 Si 层，从而采用单晶 Si 层作为腐蚀阻挡材料通过有选择地腐蚀将多孔 Si 层整个去掉。

在 Si 氧化膜上形成 $0.2 \mu\text{m}$ 厚的单晶 Si 层。该单晶 Si 层不受多孔 Si 层有选择腐蚀的影响。当在所形成的单晶 Si 层的整个表面 100 个点测量厚度时，得到的值是 $201\text{nm} \pm 4\text{nm}$ 。

用电子透射显微镜观察截面表明在 Si 层中不出现新晶体缺陷并保持极好的结晶度。

接下来在 1100°C 的氢气中进行 1 小时的热处理并用原子间力显微镜评估表面粗糙度。 $50\text{-}\mu\text{m}$ 平方区的均方粗糙度约为 0.2nm ，与可买到的 Si 晶片的相似。

通过在第二衬底的表面上而不是在外延层的表面上形成氧化膜或将其形成在两个表面上可获得相似的效果。

另外，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀保留在第一衬底上的多孔 Si 层。接下来，利用氢气退火或诸如表面磨光之类的表面处理，重新使用第一或第二衬底以重复上面的过程。

根据该实例，在外延层形成之后进行离子注入，但在外延生长前可将离子注入多孔 Si 层或多孔 Si/Si 衬底界面。

(实例 4)(通过离子注入形成的气泡层和喷嘴扫掠)

使用热氧化在第一单晶 Si 层上形成 200nm 的氧化膜(一层 SiO_2 层)作为一绝缘层。

以使离子的投射行程存在于 Si 衬底中的方式从第一衬底表面注入离子。这样允许作为分离层的层形成在与投射行程对应的深度，作为由微腔或集总注入离子形成的应力层。

在诸如 N_2 等离子体处理之类的预处理之后，将分开准备的第二 Si 衬底的表面放置在 SiO_2 层表面以使它们相互接触。然后在 600°C 对这些衬底进行 10 小时热处理以便键合。

使用图 3 所示装置分离以这种方式形成的键合衬底，分离过程与实施例 1 中采用的相同。

结果是， SiO_2 层、表面单晶层、和最初在第一衬底表面上形成的分离层部分被传送到第二衬底。仅有剩余的多孔 Si 层部分保留在第一衬底的表面上。

接下来，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀传送到第二衬底的分离层。不腐蚀保留的单晶 Si 层，从而采用单晶 Si 层作为腐蚀阻挡材料通过有选择地腐蚀将分离层整个去掉。

如果保留的分离层足够薄则可省略该腐蚀步骤。

在 Si 氧化膜上形成 $0.2 \mu\text{m}$ 厚的单晶 Si 层。该单晶 Si 层不受分离层有选择腐蚀的影响。当在所形成的单晶 Si 层的整个表面 100 个点测量厚度时，得到的值是 $201\text{nm} \pm 4\text{nm}$ 。

用电子透射显微镜观察截面表明在 Si 层中不出现新晶体缺陷并保持极好的结晶度。

接下来在 1100°C 的氢气中进行 1 小时的热处理并用原子间力显微镜评估表面粗糙度。 $50\text{-}\mu\text{m}$ 平方区的均方粗糙度约为 0.2nm ，与可买到的 Si 晶片的相似。

通过在第二衬底的表面上而不是在外延层表面上形成氧化膜或将其形成在两个表面上可获得相似的效果。

另外，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀保留在第一衬底上的分离层。接下来，利用氢气退火或诸如表面磨光之类的表面处理，重新使用第一或第二衬底以重复上面的过程。

根据该实例，经由借助离子注入形成的分离层将 Si 晶片的表面区传送到第二衬底，但外延晶片可用来经由通过离子注入形成的分离层将外延层传送到第二衬底。下面的处理也是可能的。根据该实例进行离子注入后，去掉表面 Si_2O 并形成外延层然后是 Si_2O 层，接下来是键合步骤。然后经由通过离子注入形成的分离层将外延层传送到第二衬底。在后一种情况下，还传送 Si 晶片的表面区。

(实例 5)(晶片的水平错位和移动)

在 HF 溶液中对具有 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$ 电阻率的第一 P 型单晶 Si 衬底进行阳极氧化。下面列出阳极氧化条件。

电流密度: $7(\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2})$

阳极氧化溶液: HF:H₂O:C₂H₅OH=1:1:1

时间: 11(分钟)

多孔 Si 层的厚度: $12(\mu\text{m})$

用多孔 Si 形成高质量外延 Si 层并作为分离层。

多孔 Si 层的厚度不限于上面的值, 但可在 0.1 至数百 μm 之间。

在 400 °C 的氧气中将该衬底氧化一小时。氧化使多孔 Si 层中孔的内壁被热氧化膜覆盖。用氢氟酸处理多孔 Si 层表面以便仅除去多孔 Si 层表面上的氧化膜而保留孔内壁上的氧化膜, 然后使用 CVD 使单晶 Si 层在多孔 Si 层上外延生长 $0.3 \mu\text{m}$ 。生长条件列出如下:

源气体: SiH₂Cl₂/H₂

气体流速: 0.5/180l/min.

气压: 80 Torr

温度: 950 °C

生长速度: $0.3 \mu\text{m}/\text{min}$.

此外, 使用热氧化在外延 Si 层上形成 200nm 的氧化膜(一层 SiO₂ 层)作为绝缘层。

将分开准备的第二 Si 衬底的表面放置在 SiO₂ 层表面以使它们相互接触。然后在 1180 °C 对这些衬底进行五分钟的热处理以便键合。

使用图 5 所示装置分离以这种方式形成的键合衬底。如图 5 所示, 以使晶片 201 在水平方向延伸的方式将晶片盒放置在盒座 207 上。从位于晶片侧面的水力喷射装置 0.15mm 的喷嘴 202 和 203 从与键合晶片中的键合界面(表面)平行的方向向其中通过斜削形成有缝隙的键合晶片中的键合区喷射 $2000\text{kgf}/\text{cm}^2$ 的高压纯水。固定喷嘴并在水平方向扫掠键合晶片, 以便沿通过斜削形成的间隙接受高压纯水。

该操作使晶片经多孔 Si 层分成两部分。然后, 用另一个装载机械手存放和收集作为第一和第二衬底的分离晶片。

SiO₂ 层、外延 Si 层、和最初在第一衬底表面上形成的多孔 Si 层部分被传送到第二衬底。仅有剩余的多孔 Si 层部分保留在第一衬底的表面上。

接下来，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀传送到第二衬底的多孔 Si 层。不腐蚀保留的单晶 Si 层，从而采用单晶 Si 层作为腐蚀阻挡材料通过有选择地腐蚀将多孔 Si 层整个去掉。

在 Si 氧化膜上形成 0.2 μ m 厚的单晶 Si 层。该单晶 Si 层不受多孔 Si 层有选择腐蚀的影响。当在所形成的单晶 Si 层的整个表面 100 个点测量厚度时，得到的值是 200nm ± 5nm。

用电子透射显微镜观察截面表明在 Si 层中不出现新晶体缺陷并保持极好的结晶度。

接下来在 1100 °C 的氢气中进行 1 小时的热处理并用原子间力显微镜评估表面粗糙度。50-μ m 平方区的均方粗糙度约为 0.2nm，与可买到的 Si 晶片的相似。

通过在第二衬底的表面上而不是在外延层表面上形成氧化膜或将其形成在两个表面上可获得相似的效果。

另外，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀保留在第一衬底上的多孔 Si 层。接下来，利用氢气退火或诸如表面磨光之类的表面处理，重新使用第一或第二衬底以重复上面的过程。

(实例 6)(喷嘴的摆动)

在 HF 溶液中对具有 0.01 Ω · cm 电阻率的第一 P 型单晶 Si 衬底进行阳极氧化 下面列出阳极氧化条件。

电流密度:7(mA · cm⁻²)

阳极氧化溶液:HF:H₂ O:C₂ H₅ OH=1:1:1

时间:11(分钟)

多孔 Si 层的厚度:12(μ m)

用多孔 Si 形成高质量外延 Si 层并作为分离层。

在 400 °C 的氧气中将该衬底氧化一小时。氧化使多孔 Si 层中孔的内壁

被热氧化膜覆盖。用氢氟酸处理多孔 Si 层表面以便仅除去多孔 Si 层表面上的氧化膜而保留孔内壁上的氧化膜，然后使用 CVD 使单晶 Si 层在多孔 Si 层上外延生长 $0.3 \mu\text{m}$ 。生长条件列出如下：

源气体： $\text{SiH}_2\text{Cl}_2/\text{H}_2$

气体流速： $0.5/180\text{l/min}$ 。

气压： 80 Torr

温度： $950\text{ }^\circ\text{C}$

生长速度： $0.3 \mu\text{m/min}$ 。

此外，使用热氧化在外延 Si 层上形成 200nm 的氧化膜(一层 SiO_2 层)作为一绝缘层。

将分开准备的第二 Si 衬底的表面放置在 SiO_2 层的表面以使它们相互接触。然后在 $1180\text{ }^\circ\text{C}$ 对这些衬底进行五分钟的热处理以便键合。

使用图 6 所示装置分离以这种方式形成的键合衬底。如该图所示，使键合晶片 301 竖立在垂直方向，从位于晶片上方的水力喷射装置 0.15mm 的喷嘴 302 从与键合晶片中的键合界面(表面)平行的方向向其中通过斜削形成有缝隙的键合晶片中的键合区喷射 2000kgf/cm^2 的高压纯水。然后，在与晶片中的键合表面同一平面内摆动喷嘴 302 以形成扇形，从而在该平面内摆动喷射的水流。

该操作使晶片借助多孔 Si 层分成两部分。结果是， SiO_2 层、外延 Si 层、和最初在第一衬底表面上形成的多孔 Si 层部分被传送到第二衬底。仅有剩余的多孔 Si 层部分保留在第一衬底的表面上。

接下来，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀传送到第二衬底的多孔 Si 层。不腐蚀保留的单晶 Si 层，从而采用单晶 Si 层作为腐蚀阻挡材料通过有选择地腐蚀将多孔 Si 层整个去掉。

在 Si 氧化膜上形成 $0.2 \mu\text{m}$ 厚的单晶 Si 层。该单晶 Si 层不受多孔 Si 层有选择腐蚀的影响。当在所形成的单晶 Si 层的整个表面 100 个点测量厚度时，得到的值是 $201\text{nm} \pm 4\text{nm}$ 。

用电子透射显微镜观察截面表明在 Si 层中不出现新晶体缺陷并保持极

好的结晶度。

接下来在 1100 °C 的氢气中进行 1 小时的热处理并用原子间力显微镜评估表面粗糙度。50- μ m 平方区的均方粗糙度约为 0.2nm，与可买到的 Si 晶片的相似。

通过在第二衬底的表面上而不是在外延层表面上形成氧化膜或将其形成在两个表面上可获得相似的效果。

另外，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀保留在第一衬底上的多孔 Si 层。接下来，利用氢气退火或诸如表面磨光之类的表面处理，重新使用第一或第二衬底以重复上面的过程。

通过对其中根据实例 2 至 4 形成分离层的晶片进行分离获得相似结果。

(实例 7)(晶片的转动)

在 HF 溶液中对具有 0.01 $\Omega \cdot \text{cm}$ 电阻率的第一 P 型单晶 Si 衬底进行阳极氧化 下面列出阳极氧化条件。

电流密度:7(mA \cdot cm⁻²)

阳极氧化溶液:HF:H₂O:C₂H₅OH=1:1:1

时间:11(分钟)

多孔 Si 层的厚度:12(μ m)

用多孔 Si 形成高质量外延 Si 层并作为分离层。

在 400 °C 的氧气中将该衬底氧化一小时。氧化使多孔 Si 层中孔的内壁被热氧化膜覆盖。用氢氟酸处理多孔 Si 层表面以便仅除去多孔 Si 层表面上的氧化膜而保留孔内壁上的氧化膜，然后使用 CVD 使单晶 Si 层在多孔 Si 层上外延生长 0.3 μ m。生长条件列出如下：

源气体:SiH₂Cl₂/H₂

气体流速:0.5/180l/min.

气压:80 Torr

温度:950 °C

生长速度:0.3 μ m/min.

此外，使用热氧化在外延 Si 层上形成 200nm 的氧化膜(一层 SiO₂ 层) 作为一绝缘层。

将分离准备的第二 Si 衬底的表面放置在 SiO₂ 层的表面以使它们相互接触。然后在 1180 ℃ 对这些衬底进行 5 分钟的热处理以便键合。

使用图 4 所示装置分离以这种方式形成的键合衬底。

使键合晶片 401 在垂直方向竖立。

设置键合晶片 401 以便将其装配在定位支杆 413 上并由夹持器 404 吸住和夹持。将键合晶片 401 夹持在准确位置以装配在定位支杆 413 上后，移动喷嘴 402 直到其垂直地位于键合晶片 401 顶部，并且晶片 401 和喷嘴 402 之间的距离设定为 15mm。然后，借助轴承 411 向前(图中向左)移动夹持器 403 直到其吸住并夹持晶片 401。

然后，在规定时间周期从水力喷射泵 414 向喷嘴 402 提供无磨损材料颗粒的水，直到注入的流体稳定，打开挡板 406 从喷嘴 402 向键合晶片 401 侧面厚度方向的中心注入高压纯水。此刻，转动夹持器 404 以便转动键合晶片 401 和夹持器 403。高压水还进入多孔 Si 层以扩展键合晶片 401，从而使其最终分成两部分。

接下来，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀传送到第二衬底的多孔 Si 层。不腐蚀保留的单晶 Si 层，从而采用单晶 Si 层作为腐蚀阻挡材料通过有选择地腐蚀将多孔 Si 层整个去掉。

在 Si 氧化膜上形成 0.2 μ m 厚的单晶 Si 层。该单晶 Si 层不受多孔 Si 层有选择腐蚀的影响。当在所形成的单晶 Si 层的整个表面 100 个点测量厚度时，得到的值是 200nm ± 3nm。

用电子透射显微镜观察截面表明在 Si 层中不出现新晶体缺陷并保持极好的结晶度。

接下来在 1100 ℃ 的氢气中进行 1 小时的热处理并用原子间力显微镜评估表面粗糙度。50-μ m 平方区的均方粗糙度约为 0.2nm，与可买到的 Si 晶片的相似。

通过在第二衬底的表面上而不是在外延层表面上形成氧化膜或将其形

成在两个表面上可获得相似的效果。

另外，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀保留在第一衬底上的多孔 Si 层。接下来，利用氢气退火或诸如表面磨光之类的表面处理，重新使用第一或第二衬底以重复上面的过程。

通过对其中根据实例 2 至 4 形成分离层的晶片进行分离获得相似结果。

(实例 8)(对角注入)

在 HF 溶液中对具有 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$ 电阻率的第一 P 型单晶 Si 衬底进行阳极氧化。下面列出阳极氧化条件。

电流密度: $7(\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2})$

阳极氧化溶液: HF:H₂O:C₂H₅OH=1:1:1

时间: 11(分钟)

多孔 Si 层的厚度: $12(\mu\text{m})$

用多孔 Si 形成高质量外延 Si 层并作为分离层。

多孔 Si 层的厚度不限于上面的值，而是可以在 0.1 至数百 μm 之间。

在 400 °C 的氧气中将该衬底氧化一小时。氧化使多孔 Si 层中孔的内壁被热氧化膜覆盖。用氢氟酸处理多孔 Si 层表面以便仅除去多孔 Si 层表面上的氧化膜而保留孔内壁上的氧化膜，然后使用 CVD 使单晶 Si 层在多孔 Si 层上外延生长 $0.3 \mu\text{m}$ 。生长条件列出如下：

源气体: SiH₂Cl₂/H₂

气体流速: 0.5/180l/min.

气压: 80 Torr

温度: 950 °C

生长速度: $0.3 \mu\text{m}/\text{min}$.

此外，使用热氧化在外延 Si 层上形成 200nm 的氧化膜(一层 SiO₂ 层)作为一绝缘层。

将分开准备的第二 Si 衬底的表面放置在 SiO₂ 层的表面以使它们相互接触。然后在 1180 °C 对这些衬底进行 5 分钟的热处理以便键合。

使键合晶片 301 竖立在垂直方向，从位于晶片上方的水力喷射装置 0.15mm 直径的喷嘴 302 从与键合界面(表面)倾斜 α 角的方向向其中通过斜削形成有缝隙的键合晶片中的键合区喷射 2000kgf/cm^2 的高压纯水。

用图 4 所示的装置夹持晶片并如图 8 所示设置喷嘴，以便对着晶片侧面注射流体。

接下来，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀传送到第二衬底的多孔 Si 层。不腐蚀保留的单晶 Si 层，从而采用单晶 Si 层作为腐蚀阻挡材料通过有选择地腐蚀将多孔 Si 层整个去掉。

在 Si 氧化膜上形成 $0.2\ \mu\text{m}$ 厚的单晶 Si 层。该单晶 Si 层不受多孔 Si 层有选择腐蚀的影响。当在所形成的单晶 Si 层的整个表面 100 个点测量厚度时，得到的值是 $201\text{nm} \pm 4\text{nm}$ 。

用电子透射显微镜观察截面表明在 Si 层中不出现新晶体缺陷并保持极好的结晶度。

接下来在 $1100\text{ }^\circ\text{C}$ 的氢气中进行 1 小时的热处理并用原子间力显微镜评估表面粗糙度。 $50\text{-}\mu\text{m}$ 平方区的均方粗糙度约为 0.2nm ，与可买到的 Si 晶片的相似。

通过在第二衬底的表面上而不是在外延层表面上形成氧化膜或将其形成在两个表面上可获得相似的效果。

另外，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀保留在第一衬底上的多孔 Si 层。接下来，利用氢气退火或诸如表面磨光之类的表面处理，重新使用第一或第二衬底以重复上面的过程。

通过对其中根据实例 2 至 4 形成分离层的晶片进行分离获得相似结果。

(实例 9)(多束喷射)

在 HF 溶液中对具有 $0.01\ \Omega \cdot \text{cm}$ 电阻率的第一 P 型单晶 Si 衬底进行阳极氧化。下面列出阳极氧化条件。

电流密度: $7(\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2})$

阳极氧化溶液:HF:H₂O:C₂H₅OH=1:1:1

时间:11(分钟)

多孔 Si 层的厚度:12(μ m)

用多孔 Si 形成高质量外延 Si 层并作为分离层。

多孔 Si 层的厚度不限于上面的值,而是可以在 0.1 至数百 μ m 之间。

在 400 °C 的氧气中将该衬底氧化一小时。氧化使多孔 Si 层中孔的内壁被热氧化膜覆盖。用氢氟酸处理多孔 Si 层表面以便仅除去多孔 Si 层表面上的氧化膜而保留孔内壁上的氧化膜,然后使用 CVD 使单晶 Si 层在多孔 Si 层上外延生长 0.3 μ m。生长条件列出如下:

源气体:SiH₂Cl₂/H₂

气体流速:0.5/180l/min.

气压:80 Torr

温度:950 °C

生长速度:0.3 μ m/min.

此外,使用热氧化在外延 Si 层上形成 200nm 的氧化膜(一层 SiO₂ 层)作为绝缘层。

将分开准备的第二 Si 衬底的表面放置在 SiO₂ 层的表面以使它们相互接触。然后在 1180 °C 对这些衬底进行 5 分钟的热处理以便键合。

使用图 9 所示的装置分离以这种方式形成的键合衬底。

如图 9 所示,用晶片夹持器 708 夹持键合晶片 701 两侧,以使其竖立在垂直方向,通过位于晶片上方或侧面的三个水力喷射装置 0.15mm 的喷嘴 702 至 704 从与键合晶片中的键合界面(表面)平行的方向向通过斜削形成在晶片 701 中的缝隙喷射 2000kgf/cm² 的高压纯水。多个喷嘴在高压纯水沿通过斜削形成的缝隙移动的方向扫掠。

该操作使晶片借助多孔 Si 层被分离成两部分。

结果是, SiO₂ 层、外延 Si 层、和最初在第一衬底表面上形成的多孔 Si 层部分被传送到第二衬底。仅有剩余的多孔 Si 层部分保留在第一衬底的表面上。

接下来,使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅

拌有选择地腐蚀传送到第二衬底的多孔 Si 层。不腐蚀保留的单晶 Si 层，从而采用单晶 Si 层作为腐蚀阻挡材料通过有选择地腐蚀将多孔 Si 层整个去掉。

在 Si 氧化膜上形成 $0.2 \mu\text{m}$ 厚的单晶 Si 层。该单晶 Si 层不受多孔 Si 层有选择地腐蚀的影响。当在所形成的单晶 Si 层的整个表面 100 个点测量厚度时，得到的值是 $201\text{nm} \pm 4\text{nm}$ 。

用电子透射显微镜观察截面表明在 Si 层中不出现新晶体缺陷并保持极好的结晶度。

接下来在 1100°C 的氢气中进行 1 小时的热处理并用原子间力显微镜评估表面粗糙度。 $50\text{-}\mu\text{m}$ 平方区的均方粗糙度约为 0.2nm ，与可买到的 Si 晶片的相似。

通过在第二衬底的表面上而不是在外延层表面上形成氧化膜或将其形成在两个表面上可获得相似的效果。

另外，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀保留在第一衬底上的多孔 Si 层。接下来，利用氢气退火或诸如表面磨光之类的表面处理，重新使用第一或第二衬底以重复上面的过程。

通过对其中根据实例 2 至 4 形成分离层的晶片进行分离获得相似结果。

在根据实例 5 至 8 的水力喷射注入法中使用多个喷嘴也可有效地分离键合晶片。

(实例 10)(狭缝喷射)

在 HF 溶液中对具有 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$ 电阻率的第一 P 型单晶 Si 衬底进行阳极氧化。下面列出阳极氧化条件。

电流密度： $7(\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2})$

阳极氧化溶液： $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=1:1:1$

时间： $11(\text{分钟})$

多孔 Si 层的厚度： $12(\mu\text{m})$

用多孔 Si 形成高质量外延 Si 层并作为分离层。

多孔 Si 层的厚度不限于上面的值，而是可以在 0.1 至数百 μm 之间。

在 400 $^{\circ}\text{C}$ 的氧气中将该衬底氧化一小时。氧化使多孔 Si 层中孔的内壁被热氧化膜覆盖。用氢氟酸处理多孔 Si 层表面以便仅除去多孔 Si 层表面上的氧化膜而保留孔内壁上的氧化膜，然后使用 CVD 使单晶 Si 层在多孔 Si 层上外延生长 0.3 μm 。生长条件列出如下：

源气体： $\text{SiH}_2\text{Cl}_2/\text{H}_2$

气体流速：0.5/180l/min.

气压：80 Torr

温度：950 $^{\circ}\text{C}$

生长速度：0.3 $\mu\text{m}/\text{min}$ 。

此外，使用热氧化在外延 Si 层上形成 200nm 的氧化膜(一层 SiO_2 层)作为绝缘层。

将分开准备的第二 Si 衬底的表面放置在 SiO_2 层的表面以使它们相互接触。然后在 1180 $^{\circ}\text{C}$ 对这些衬底进行 5 分钟的热处理以便键合。

使用图 10A 和 10B 所示的装置分离以这种方式形成的键合衬底。

如图 10A 和 10B 所示，使键合晶片竖立在垂直方向，通过位于晶片上方或侧面的水力喷射装置 0.15mm 宽和 50mm 长的狭缝形喷嘴，从与键合晶片中的键合界面(表面)平行的方向对着通过斜削形成在晶片中的缝隙喷射 800kgf/cm² 的高压纯水。该狭缝与键合晶片中的键合界面(表面)平行设置，并且对着通过斜削形成在晶片中的缝隙准确地注射线状水流。多个喷嘴在高压纯水沿通过斜削形成的缝隙移动的方向扫掠。

该操作使晶片借助多孔 Si 层被分离成两部分。

结果是， SiO_2 层、外延 Si 层、和最初在第一衬底表面上形成的多孔 Si 层部分被传送到第二衬底。仅有剩余的多孔 Si 层部分保留在第一衬底的表面上。

接下来，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀传送到第二衬底的多孔 Si 层。不腐蚀保留的单晶 Si 层，从而采用单晶 Si 层作为腐蚀阻挡材料通过有选择地腐蚀将多孔 Si 层整个去掉。

在 Si 氧化膜上形成 $0.2 \mu\text{m}$ 厚的单晶 Si 层。该单晶 Si 层不受多孔 Si 层有选择地腐蚀的影响。当在所形成的单晶 Si 层的整个表面 100 个点测量厚度时，得到的值是 $201\text{nm} \pm 4\text{nm}$ 。

用电子透射显微镜观察截面表明在 Si 层中不出现新晶体缺陷并保持极好的结晶度。

接下来在 1100°C 的氢气中进行 1 小时的热处理并用原子间力显微镜评估表面粗糙度。 $50\text{-}\mu\text{m}$ 平方区的均方粗糙度约为 0.2nm ，与可买到的 Si 晶片的相似。

通过在第二衬底的表面上而不是在外延层表面上形成氧化膜或将其形成在两个表面上可获得相似的效果。

另外，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀保留在第一衬底上的多孔 Si 层。接下来，利用氢气退火或诸如表面磨光之类的表面处理，重新使用第一或第二衬底以重复上面的过程。

通过对其中根据实例 2 至 4 形成分离层的晶片进行分离获得相似结果。

(实例 11)(石英衬底)

制备石英透光衬底作为第二衬底。

在键合和在 400°C 进行 100 小时热处理前对石英表面施用 N_2 等离子体处理。然后，在低于 1000°C 的氢气下进行热处理以弄平分离后的 SOI 表面，这种情况下，在 970°C 进行 4 小时热处理。

其它处理与实例 1 至 10 中的相同。

如果用绝缘材料的透明衬底作为第二衬底，在实例 1 至 10 中在外延 Si 层表面上形成氧化膜(绝缘层)不一定很重要。然而，为使上面将依次形成诸如晶体管之类元件的外延 Si 层离开键合界面以减少界面中杂质的影响，最好形成氧化膜(绝缘层)。

(实例 12)(Si 上的 GaAs)

通过形成由 GaAs 代表的化合物半导体的外延层可同样实施实例 1 至 10。

这种情况下，水力喷射压力保持在 500 至 3500kgf/cm^2 ，并且喷嘴直径为 0.1mm 或更大(键合晶片总厚度的一半)。

使 GaAs 外延层在多孔 Si 层上生长的方法不限于 CVD 法，而是可通过诸如 MBE、溅射、和液相生长法之类的各种方法实现。该层的厚度在数 nm 和数百 nm 之间。

在这些实例的每一个中，用于离子注入层或多孔层的选择腐蚀液不限于 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物，但由于其巨大的表面积，可使用下列液体腐蚀多孔 Si 层：

氢氟酸

氢氟酸+酒精；

氢氟酸+酒精+过氧化氢溶液；

缓冲氢氟酸

缓冲氢氟酸+酒精；

缓冲氢氟酸+过氧化氢溶液；

缓冲氢氟酸+酒精+过氧化氢溶液；

氢氟酸、硝酸、和乙酸。

其它步骤不限于这些实例中的条件，而是可使用各种其它条件。

(实例 13)(晶片转动)

制备具有 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$ 电阻率的盘形 P 型单晶 Si 晶片并使其表面在 HF 溶液中进行阳极氧化。

下面列出阳极氧化条件。

电流密度： $7(\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2})$

阳极氧化溶液： $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=1:1:1$

时间： $11(\text{分钟})$

多孔 Si 层的厚度： $12(\mu\text{m})$

在 400°C 的氧气中将该晶片氧化一小时。氧化使多孔 Si 层中孔的内壁被热氧化膜覆盖。用氢氟酸处理多孔 Si 层表面以便仅除去多孔 Si 层表面上的氧化膜而保留内壁上的氧化膜，然后使用 CVD 使单晶 Si 层在多孔 Si 层上外延生长 $0.3 \mu\text{m}$ 。生长条件列出如下：

源气体:SiH₂ Cl₂ /H₂

气体流速:0.5/180l/min.

气压:80 Torr

温度:950 ℃

生长速度:0.3 μ m/min.

此外,使用热氧化在外延 Si 层上形成 200nm 的氧化膜(一层 SiO₂ 层)作为一绝缘层。

除了以这种方式形成的第一衬底外,制备一个盘形 Si 晶片作为第二 Si 衬底。

将第二 Si 衬底的表面放置在第一 Si 衬底的 SiO₂ 层的表面以使它们相互接触。然后在 1180 ℃ 对这些衬底进行 5 分钟的热处理以便键合。

接下来,做好准备以使用图 14、15、和 17 至 20 所示装置分离由键合晶片组成的组合元件。

定位作为组合元件的晶片以使其在垂直方向竖立,同时装配在定位座 35 中的凹口上。

从管道 52 和 54 向增压通道 56 提供增压空气,夹持部分 45a 和 46a 分别向晶片前表面和后表面移动,以使晶片前和后表面分别与各具有开口 op 的夹持部分 45a 和 46a 相邻,如图 18 所示。

使用管道 51 和 53,将晶片吸住并固定到夹持部分 45a 和 46a。停止提供增压空气,并使用弹簧 47 和 48 在晶片前和后表面相反的法线方向向晶片提供压力。

随着挡板 61 的关闭,无磨损颗粒的纯水从泵 62 强有力地输送到直径 0.15mm 的喷嘴,泵 62 工作,以约 200kgf/cm² 的压力注射水。

定位座 35 移到其备用位置,接通电机 32 的电力,经轴 31 以及皮带 27 和 28 传送转动驱动力,以转动夹持器 21 和 22。

由于夹持部分 45a 和 46a 吸住晶片,它开始与夹持器 21 和 22 在相同方向以相同角速度同时转动。

打开挡板 61 以对着晶片侧面的分离部分喷射水流,如图 19 所示。

来自水力喷射装置的水进入分离部分中的孔,以便在作为分离部分的

多孔层周围分离晶片。

随着水力喷射的注入和晶片的连续转动，通过分离形成的缝隙从晶片周边逐渐向其转动中心扩大并最终将晶片分离，如图 20 所示。

由于晶片在图 20 中所示的箭头 TA 和 TB 方向受力，该晶片与晶片转动中心的最后分离处同时分离，如图 20 所示。

接下来，停止强制供水并从夹持部分 45a 和 46a 移去分离的晶片。

接下来，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀传送到第二衬底的剩余多孔 Si 层。不腐蚀保留的单晶 Si 层，从而采用单晶 Si 层作为腐蚀阻挡材料通过有选择地腐蚀将多孔 Si 层整个去掉，从而露出薄单晶 Si 层。

于是，获得在第二衬底的 Si 氧化膜上具有 $0.2\ \mu\text{m}$ 厚的单晶 Si 层的第一 SOI 衬底。该单晶 Si 层不受多孔 Si 层有选择地腐蚀的影响。当在所形成的单晶 Si 层整个表面 100 个点测量厚度时，得到的值是 $201\text{nm} \pm 2\text{nm}$ 。

用电子透射显微镜观察截面表明在 Si 层中不出现新晶体缺陷并保持极好的结晶度。

接下来在 $1100\ \text{C}$ 的氢气中进行 50 分钟的热处理并用原子间力显微镜评估表面粗糙度。 $50\text{-}\mu\text{m}$ 平方区的均方粗糙度约为 0.2nm 。

另外，使用 49 % 的氢氟酸和 30 % 的过氧化氢溶液的混合物通过搅拌有选择地腐蚀保留在第一衬底上的多孔 Si 层。接下来，进行诸如磨光之类的表面处理，重新使用第一或第二衬底以重复上面的过程。

对已磨光的第一衬底再次进行阳极氧化以形成多孔 Si 层，并使无孔单晶 Si 在其上生长。氧化已外延生长的无孔单晶 Si 层表面。然后，将作为第三衬底分开制备的 Si 晶片表面键合到第一衬底的单晶 Si 层的氧化表面上。

上面的处理条件与第一键合晶片生产中的相同。

以与上面描述的第一分离方法中相同的方式再次分离晶片，以得到在第三衬底的绝缘表面上具有单晶 Si 层的第二 SOI 衬底。

重复上述过程，循环第一衬底以制造第三和第四 SOI 衬底。

如上所述，本发明能使内部具有分离区的组合元件在分离区周围分离成多个更小的元件，而除分离区外不损坏或破坏那些部分。因此，本发明使半导体衬底具有比常规半导体更高的质量，制造容易并可靠，并具有高

产量。

说明书附图

图 1A

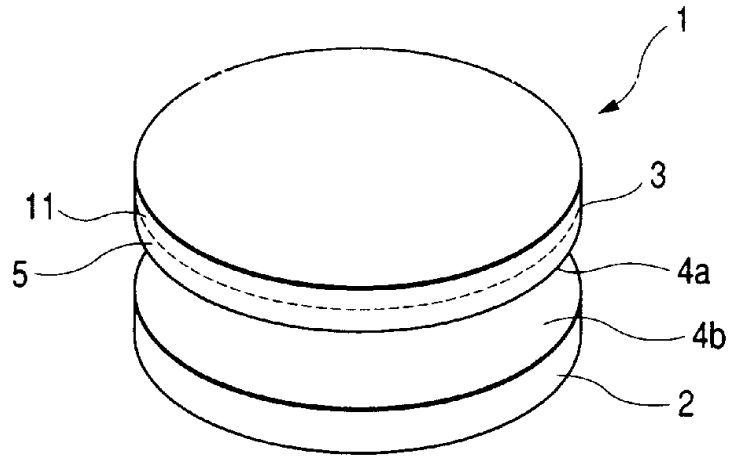


图 1B

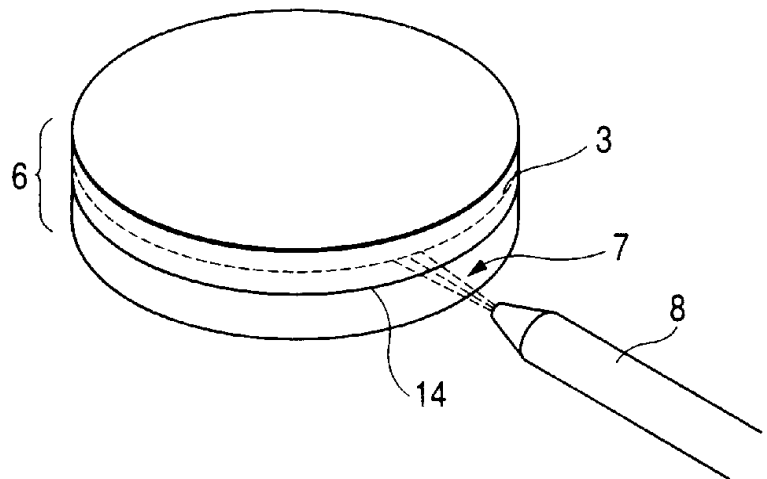


图 1C

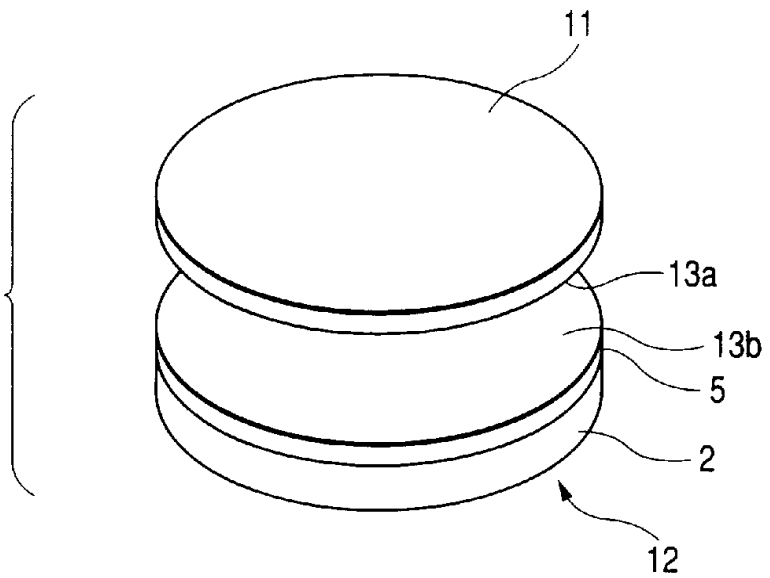


图 2A

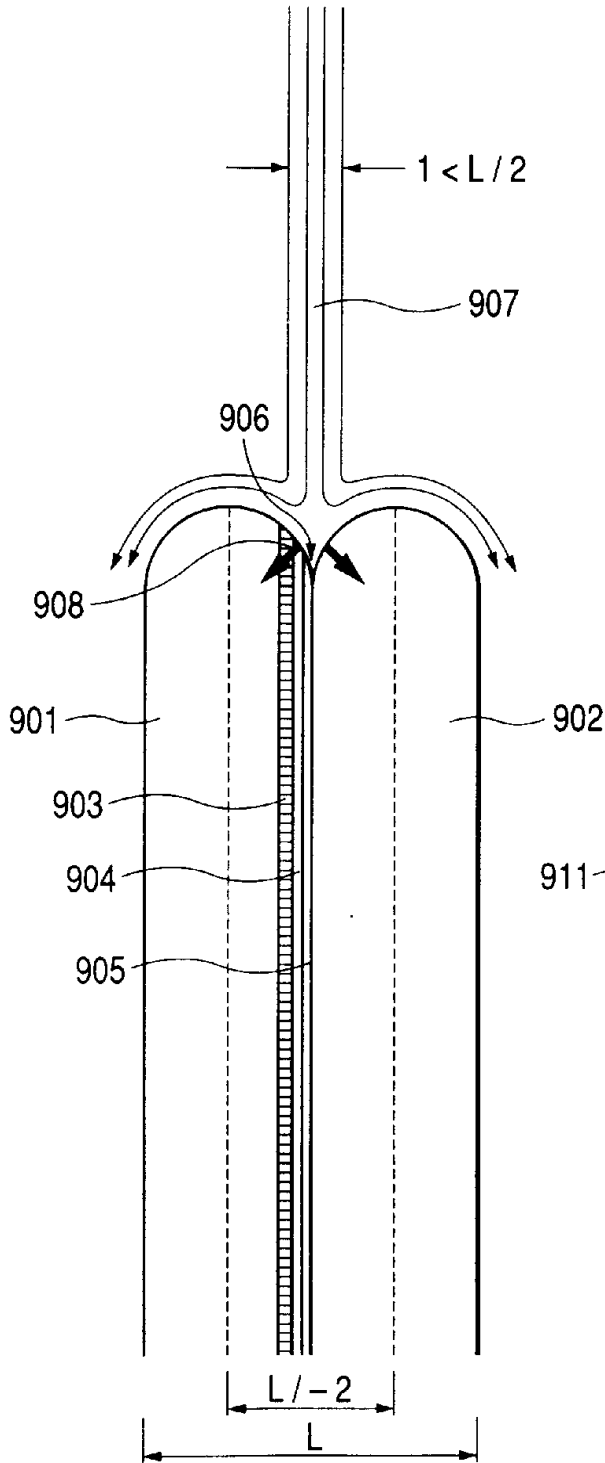


图 2B

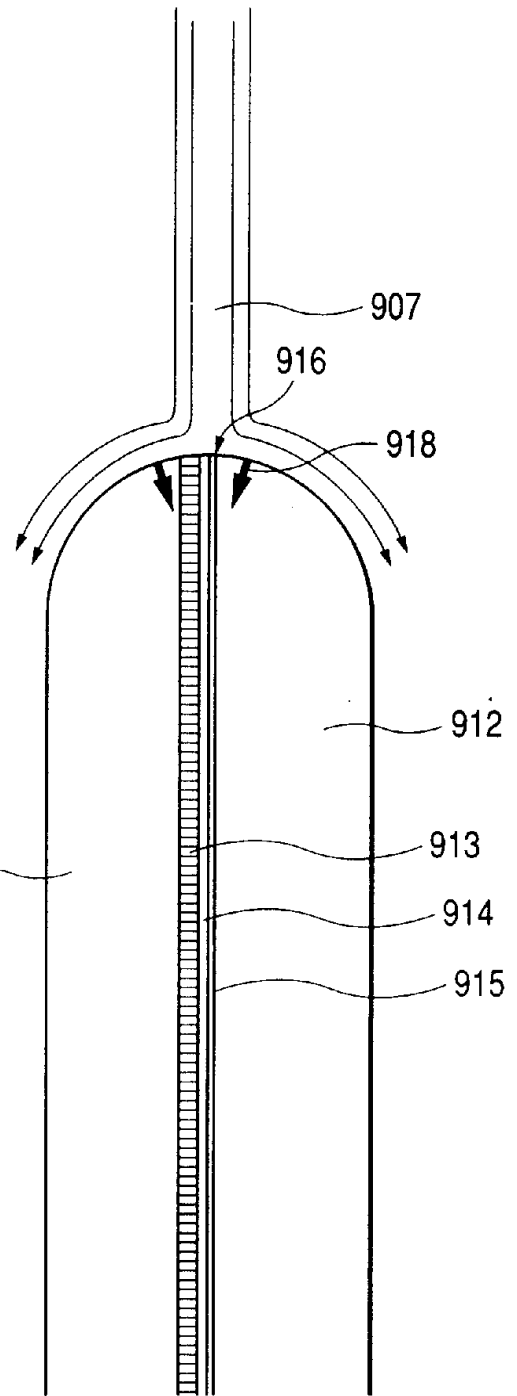


图 3

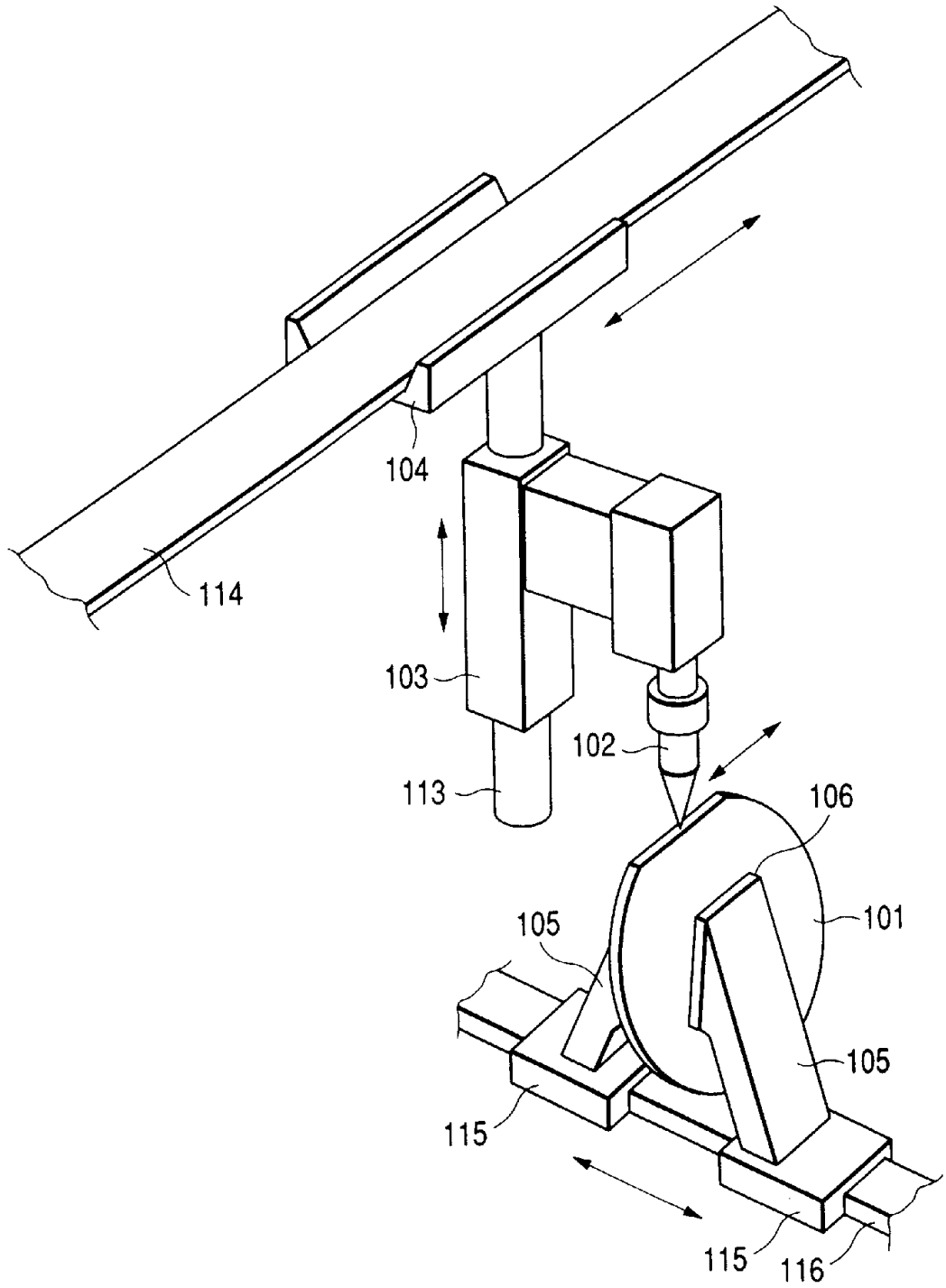
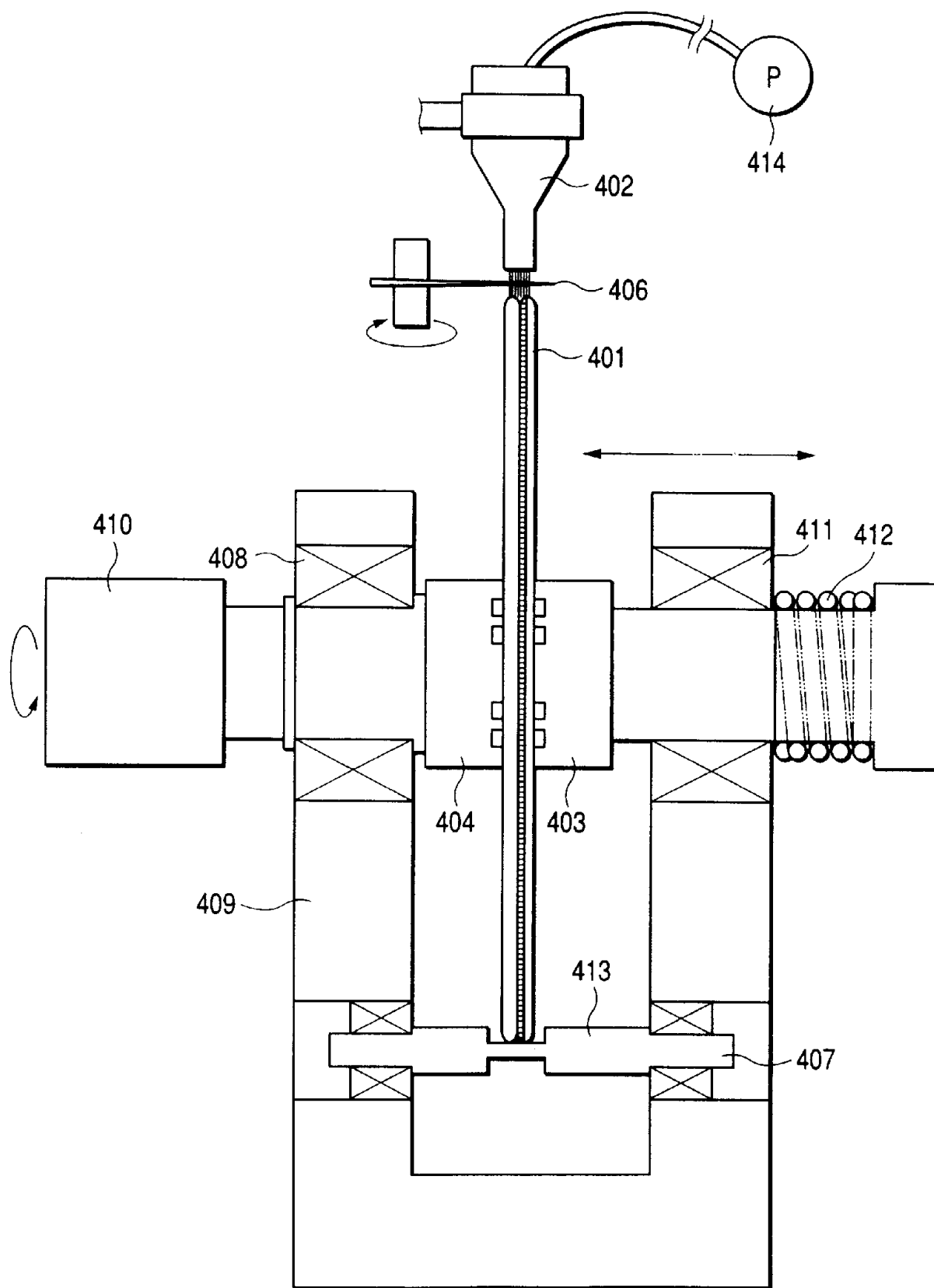


图 4



11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

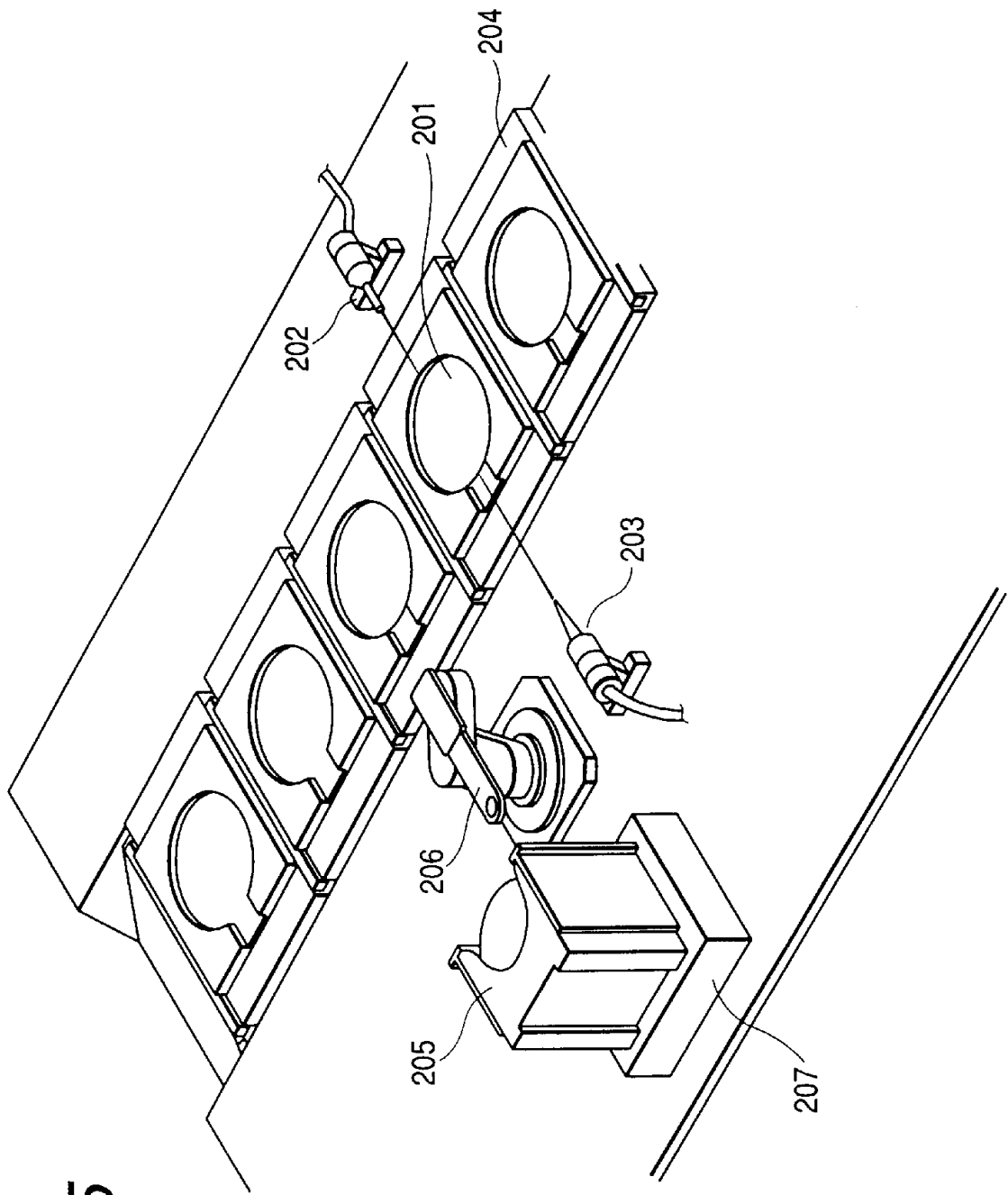


图 5

图 6

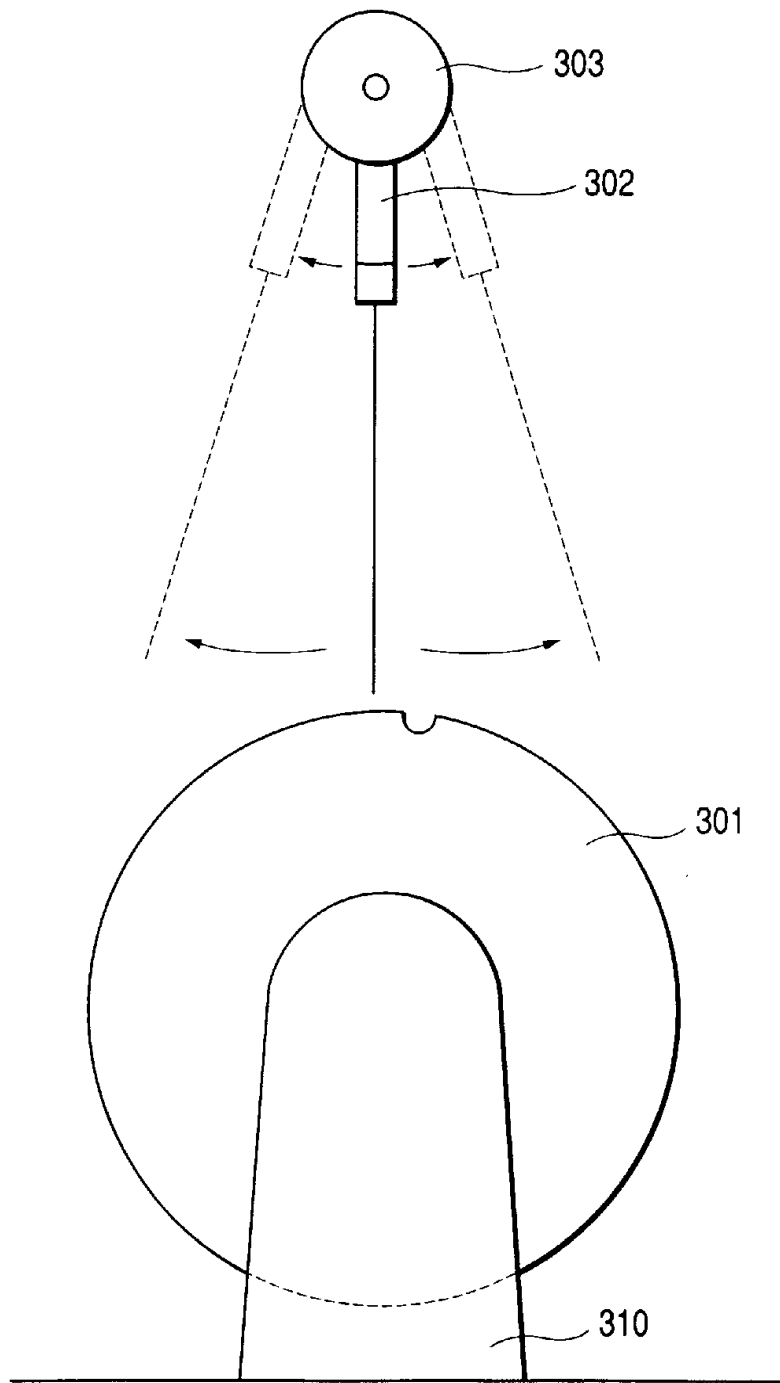




图 7

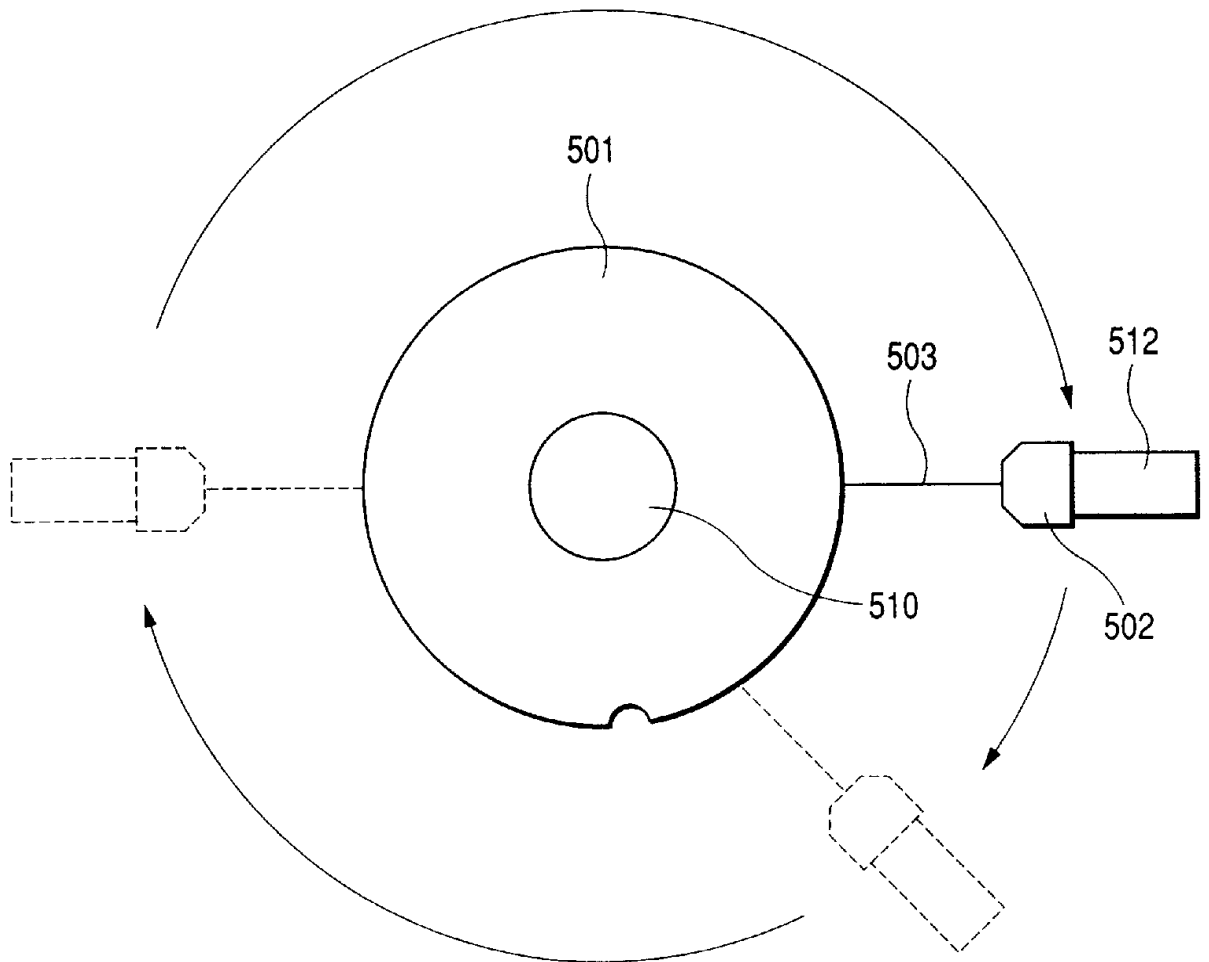
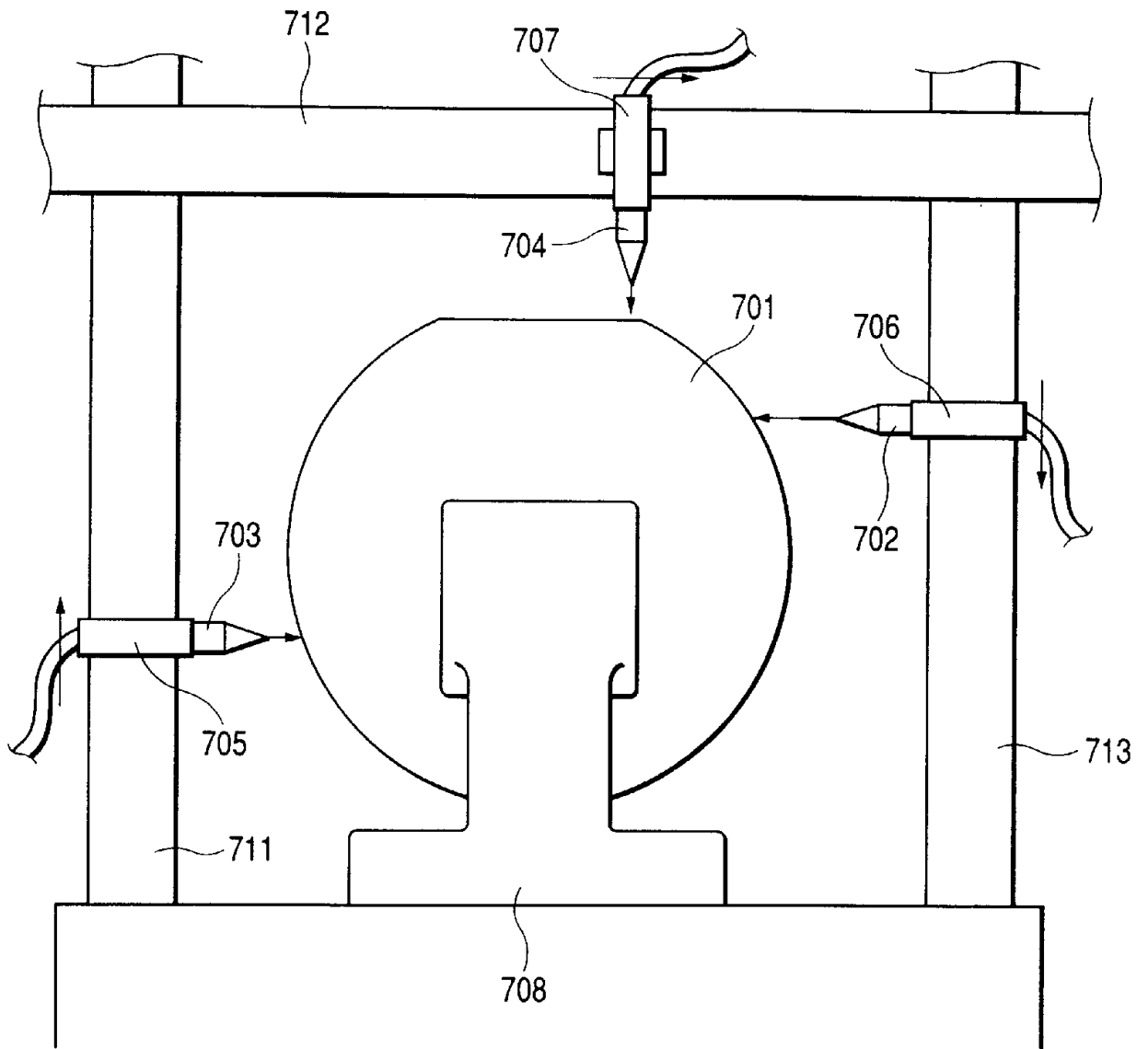


图 9



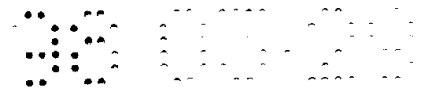


图 10A

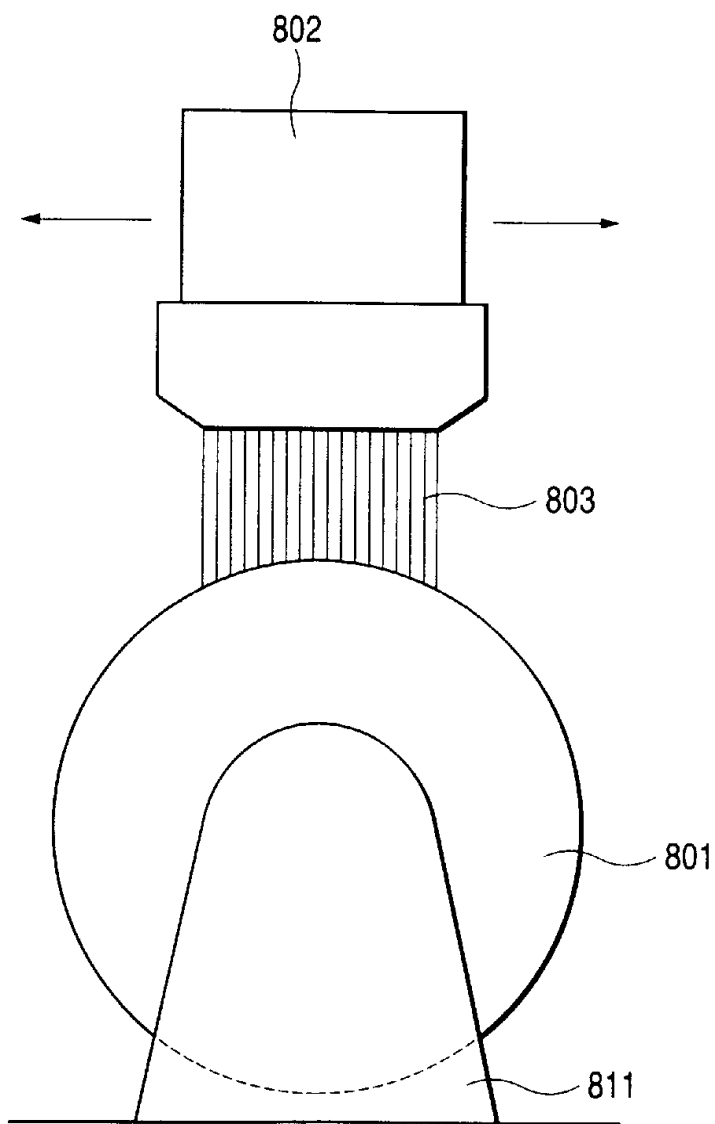


图 10B

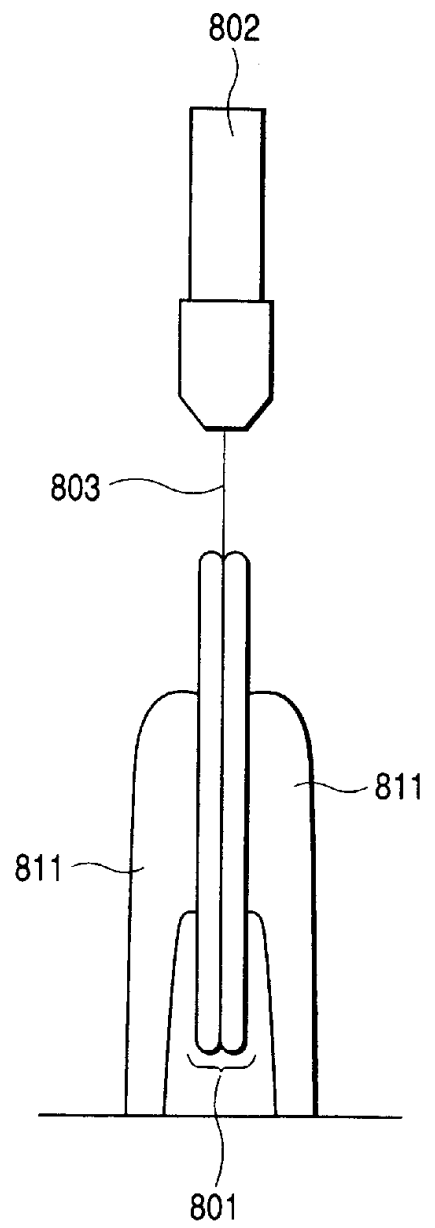


图 11

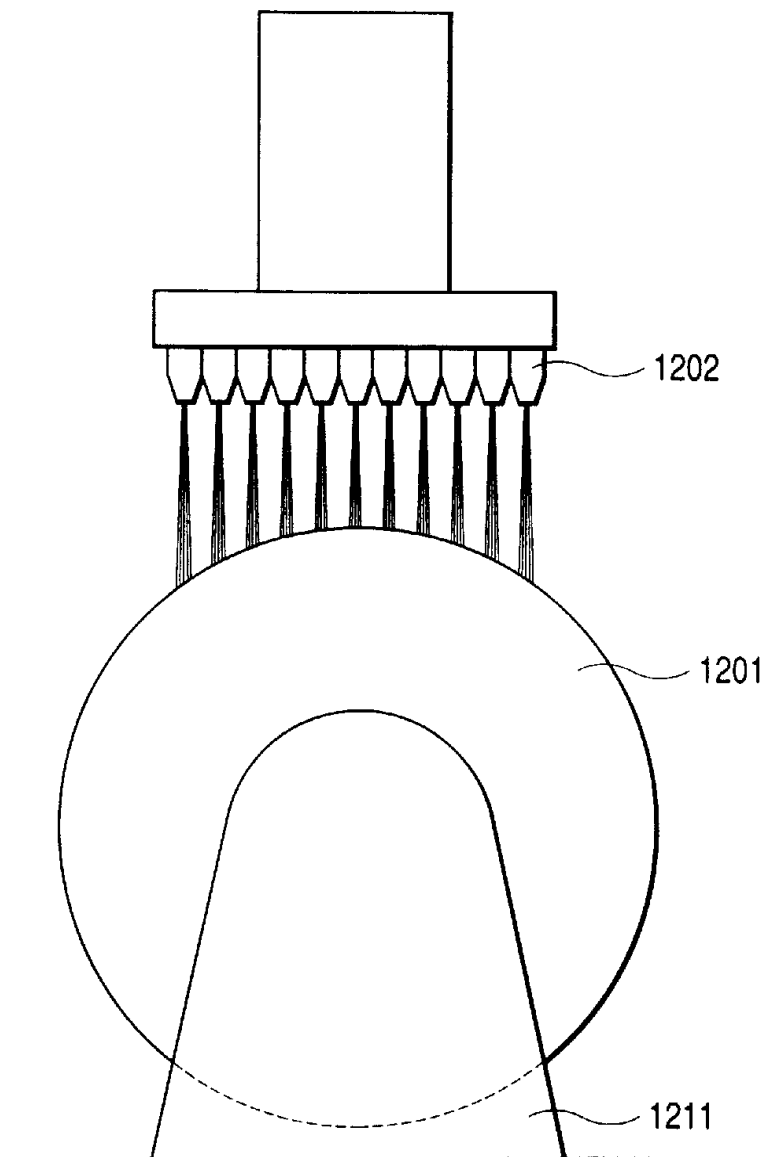


图 12

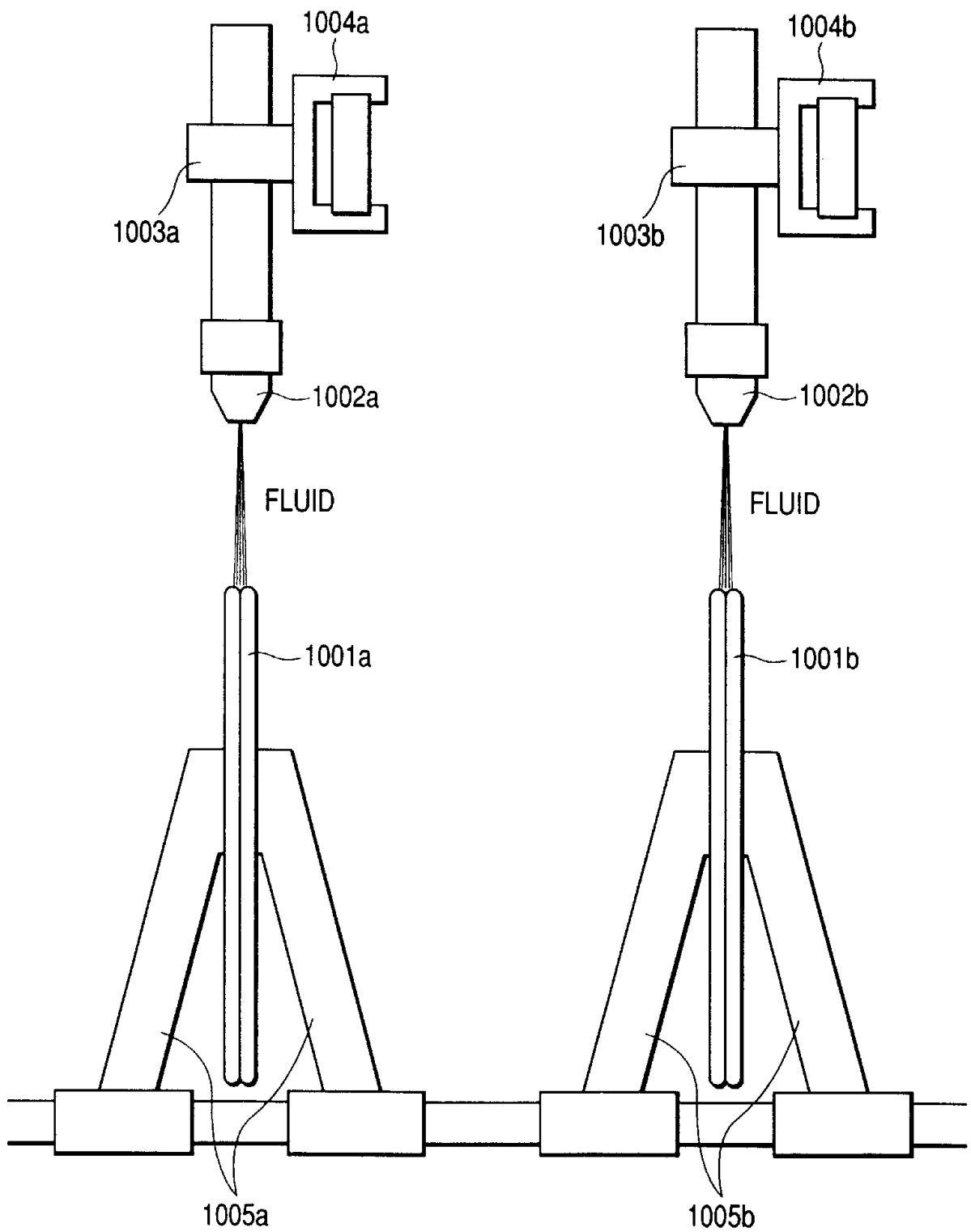
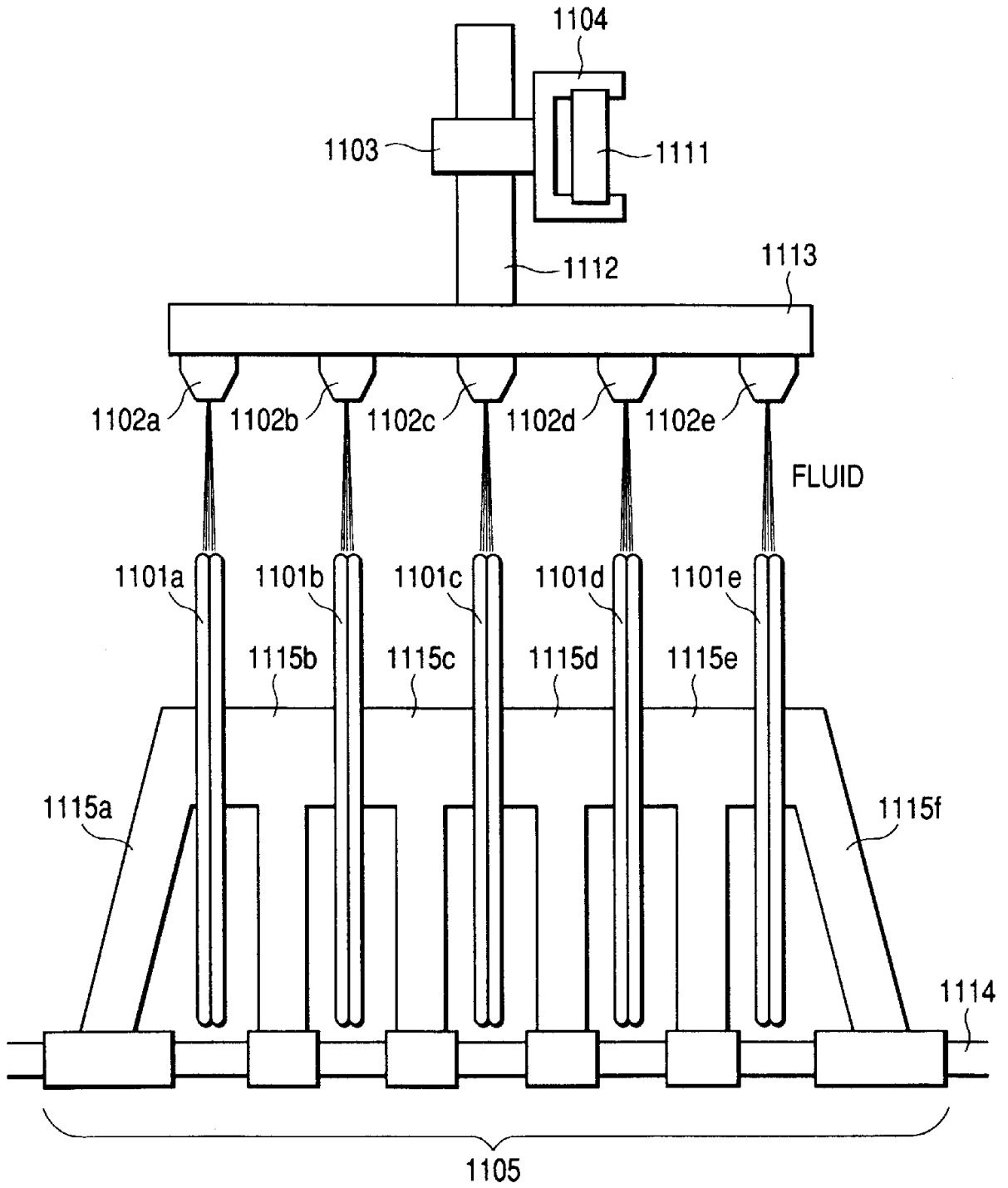




图 13



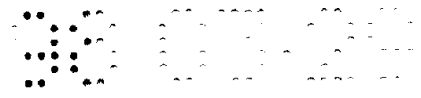
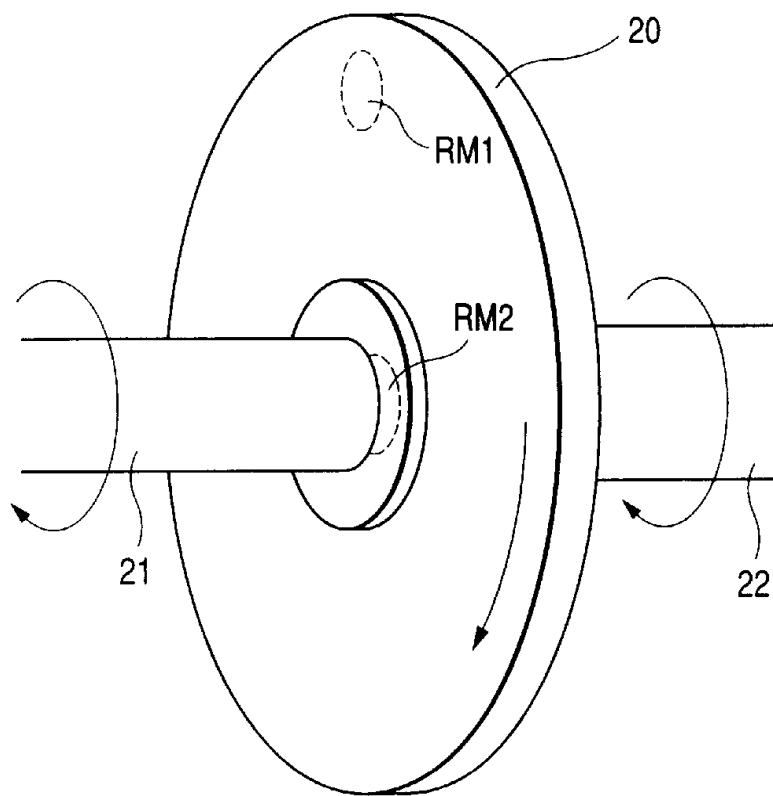


图 16



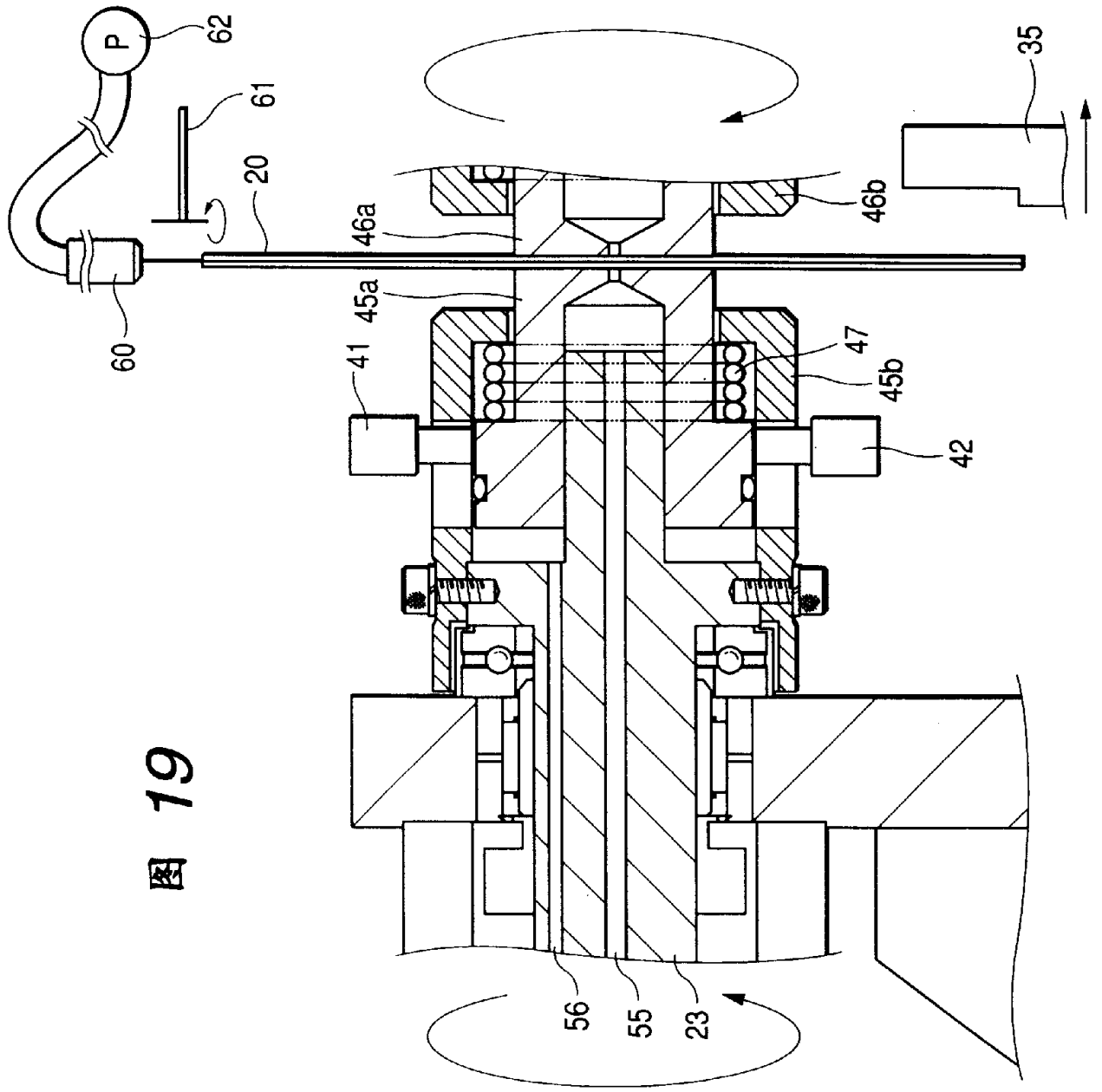


图 19

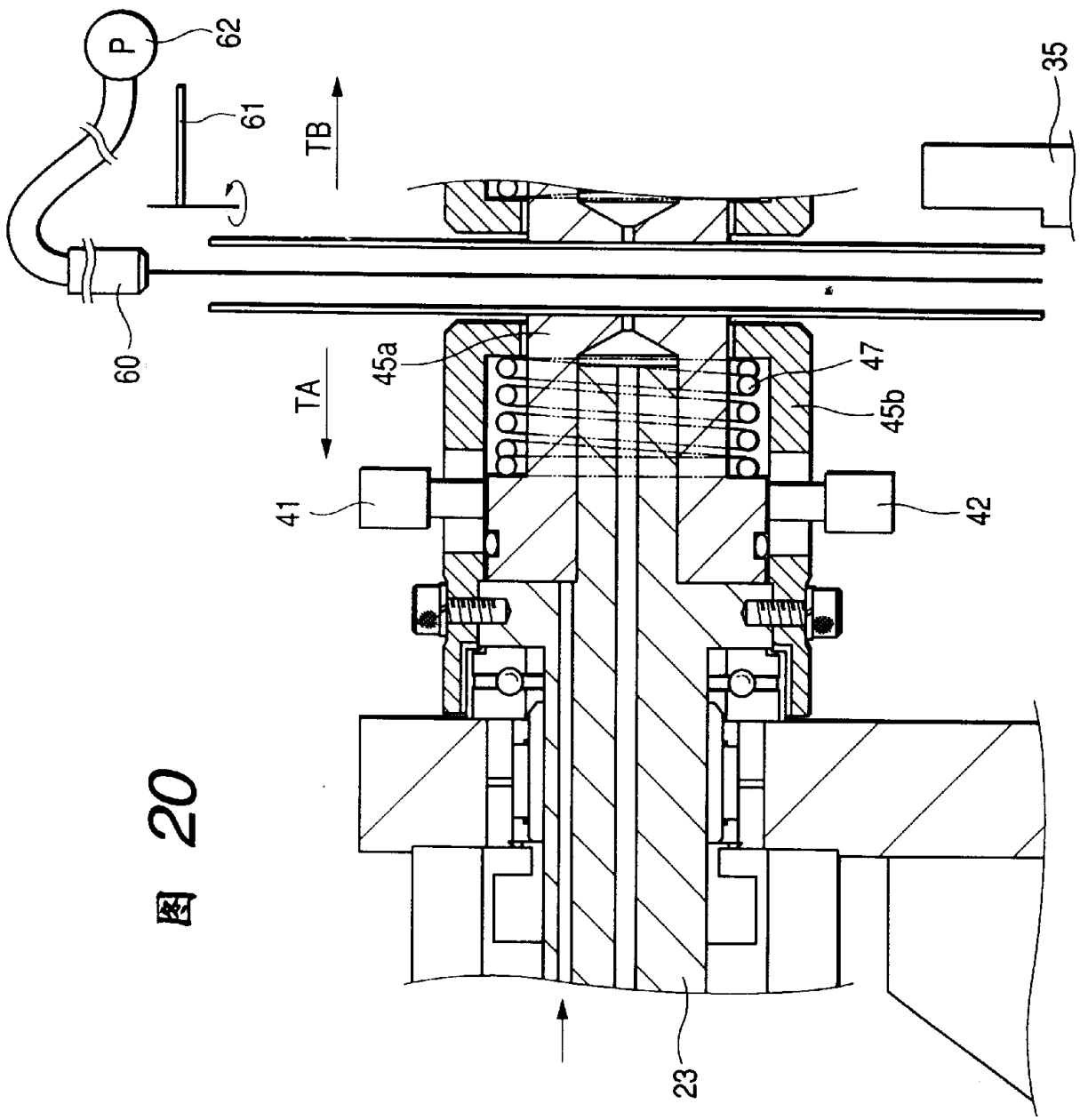


图 20