

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 21/30

H01L 21/68 H01L 21/02



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 98126335.6

[45] 授权公告日 2004 年 6 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 1153264C

[22] 申请日 1998. 12. 25 [21] 申请号 98126335. 6

[30] 优先权

[32] 1997. 12. 26 [33] JP [31] 361014/1997

[71] 专利权人 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

审查员 闫立刚

[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

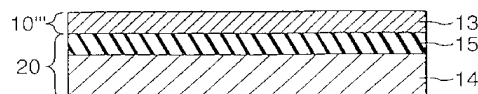
代理人 王永刚

权利要求书 4 页 说明书 26 页 附图 13 页

[54] 发明名称 物体分离装置和方法以及半导体衬底制造方法

[57] 摘要

一种物体分离装置和方法以及半导体衬底制造方法。 提供了一种在多孔层处分离带有多孔层的衬底的装置。 带有多孔层(101b)的键合衬底叠层(101)在旋转的情况下由衬底固定部分(108, 109)支持。 高速高压的水(射流)从喷嘴(112)射出并注入到键合衬底叠层(101), 从而物理上将键合衬底叠层(101)分离成二个衬底。 射流压力根据分离工艺的进展而恰当地改变。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种用来分离物体的分离装置，所述物体具有易碎层作为分离层，所述分离装置包含：

射流装置，带有用来将流体射流喷射到所述物体以分离该物体的流体射流单元；

扫描装置，用来改变所述流体射流单元和所述物体之间的相对位置关系，以便使物体分离工艺从所述物体的周边部分进行到所述物体的中央部分；以及

控制装置，用来根据所述物体分离工艺的进行改变从射流单元喷射的流体的压力。

2. 根据权利要求 1 的装置，还包含用来固定所述物体的固定部分。

3. 根据权利要求 2 的装置，其中所述物体具有平板形状，且固定部分夹住平板状物体，以便沿其平面方向将流体注入到平板状物体。

4. 根据权利要求 1 的装置，其中所述的控制装置在分离所述物体的分离层的所述周边部分附近时，控制所述的射流装置将流体的压力设定成比较高。

5. 根据权利要求 1 的装置，其中所述的控制装置在分离所述物体的分离层的所述中央部分附近时，控制所述的射流装置将流体的压力设定成比较高。

6. 根据权利要求 1 的装置，其中所述的控制装置在分离所述物体的分离层的所述周边部分和中央部分附近时，控制所述的射流装置将流体的压力设定成比较高，而在分离周边部分和中央部分之间的中间部分时，控制所述的射流装置将流体的压力设定成比较低。

7. 根据权利要求 1-6 中任何一个的装置，其中所述的控制装置根据所述射流单元和所述物体之间的所述相对位置关系改变所述流体的所述压力。

8. 根据权利要求 1-6 中任何一个的装置,其中所述的控制装置按时间函数方式改变所述流体的压力。

9. 根据权利要求 1-6 中任何一个的装置,还包含用来绕垂直于所述物体的所述分离层的轴旋转此物体的旋转装置。

10. 根据权利要求 1 的装置,其中的易碎层是多孔层。

11. 根据权利要求 1 的装置,其中的易碎层是带有微腔的层。

12. 一种借助于将流体射流从射流单元喷射到物体上而分离所述物体的分离方法,所述物体具有易碎层作为分离层,所述分离方法包含:

控制步骤,根据物体分离工艺的进程改变从所述射流单元喷射的所述流体的压力,其中所述物体分离工艺从所述物体的周边部分进行到所述物体的中央部分。

13. 根据权利要求 12 的方法,其中所述物体具有平板形状,并借助于沿其平面方向将流体向平板状物体注入而被分离。

14. 根据权利要求 12 的方法,其中所述的控制步骤包含在分离所述物体的分离层的所述周边部分附近时,把从射流单元喷射的流体的压力设定成比较高。

15. 根据权利要求 12 的方法,其中所述的控制步骤包含在分离所述物体的分离层的所述中央部分附近时,把从射流单元喷射的流体的压力设定成比较高。

16. 根据权利要求 12 的方法,其中所述的控制步骤包含在分离所述物体的分离层的所述周边部分附近和中央部分附近时,把从射流单元喷射的流体的压力设定成比较高,而在分离周边部分和中央部分之间的中间部分时,把从射流单元喷射的流体的压力设定成比较低。

17. 根据权利要求 12-16 中任何一个的方法,其中所述的控制步骤包含根据射流单元和所述物体之间的所述相对位置关系改变所述流体的所述压力。

18. 根据权利要求 12-16 中任何一个的方法,其中所述的控制步骤包含按时间函数方式改变所述流体的所述压力。

19. 根据权利要求 12-16 中任何一个的方法，还包含在沿所述物体的所述分离层扫描射流单元的同时执行物体的分离工艺。

20. 根据权利要求 12-16 中任何一个的方法，还包含在绕垂直于所述物体的所述分离层的轴旋转此物体的同时执行物体的分离工艺。

21. 根据权利要求 12 的方法，其中的易碎层是多孔层。

22. 根据权利要求 12 的方法，其中的易碎层是带有微腔的层。

23. 一种分离方法，它包含用所述的权利要求 1-6 中任何一个的分离装置来分离物体。

24. 一种制造半导体衬底的方法，它包含下列步骤：

制备带有分离层的衬底；以及

用权利要求 12 的方法，在分离层处分离物体。

25. 一种制造半导体衬底的方法，它包含下列步骤：

制作第一衬底，其中在一个表面上相继制作多孔层和无孔层；

通过无孔层将第一衬底键合到第二衬底，以形成键合衬底叠层；

以及

在将流体射流喷射到键合衬底叠层的多孔层的同时，将键合衬底叠层分离成二个衬底，

其中的分离步骤包含根据所述分离步骤的进行改变所述流体的压力，其中所述分离步骤从所述键合衬底叠层的周边部分进行到所述键合衬底叠层的中央部分。

26. 一种制造半导体衬底的方法，它包含下列步骤：

从单晶半导体组成的衬底的表面，将离子注入到预定深度，从而制作其中形成有微腔层的第一衬底；

将第二衬底键合到第一衬底的正面侧以形成键合衬底叠层；以及

在将流体射流喷射到键合衬底叠层的微腔层的同时，将键合衬底叠层分离成二个衬底，

其中的分离步骤包含根据所述分离步骤的进行改变所述流体的压力，其中所述分离步骤从所述键合衬底叠层的周边部分进行到所述键合衬底叠层的中央部分。

27. 一种分离装置，包含：

压力施加装置，用于对组合元件的侧表面施加流体压力，所述组合元件通过键合多个元件而形成并且具有由阳极化或者离子注入形成的分离层；

旋转装置，用来绕垂直于所述组合元件的所述分离层的轴旋转此组合元件；

扫描装置，用来改变所述组合元件的施加有所述压力的部分，以便使所述组合元件的分离工艺从所述组合元件的周边部分进行到所述组合元件的中央部分；以及

控制装置，用来根据所述组合元件的所述分离工艺的进行来控制所述压力施加装置，以便改变施加到所述组合元件的所述侧表面上的所述压力。

28. 一种制造半导体衬底的方法，它包含下列步骤：

分离步骤，通过对组合元件的侧表面施加流体压力，同时绕垂直于所述组合元件的分离层的轴旋转此组合元件来分离所述组合元件，其中所述组合元件通过键合多个元件而形成并且所述组合元件的所述分离层由阳极化或者离子注入形成；

其中的分离步骤包含根据所述组合元件的分离步骤的进行控制施加到所述组合元件的所述侧表面上的所述压力，其中所述分离步骤从所述组合元件的周边部分进行到所述组合元件的中央部分。

物体分离装置和方法以及半导体衬底制造方法

技术领域

本发明涉及到物体分离装置和方法以及半导体衬底的制造方法。

背景技术

具有 SOI (绝缘体上硅) 结构的衬底 (SOI 衬底) 即在绝缘层上有单晶硅层的衬底。采用这种 SOI 结构的器件具有普通硅衬底无法得到的许多优点。这些优点的例子如下:

- (1) 由于介电隔离容易而可提高集成度。
- (2) 可提高抗辐射能力。
- (3) 由于寄生电容小而可提高器件的工作速度。
- (4) 不需要形成步骤。
- (5) 可防止闩锁。
- (6) 可用薄膜制作方法来制作完全耗尽的场效应晶体管。

由于 SOI 结构有上述各种优点, 故近几十年对它的制作方法进行了各种研究。

作为一种 SOI 技术, 用 CVD (化学汽相淀积) 方法在单晶蓝宝石衬底上异质外延生长硅的 SOS (蓝宝石上硅) 技术已为人所知多年了。这一 SOS 技术曾经被认为是最成熟的 SOI 技术。但由于例如硅层与下方蓝宝石衬底之间的界面中的晶格失配产生大量晶体缺陷、形成蓝宝石的铝混杂在硅层中、衬底昂贵以及难以获得大的面积, SOS 技术至今未能得到实际应用。

SOS 技术之后, 出现了各种各样的 SOI 技术。对于这些 SOI 技术, 为了降低晶格缺陷或制造成本, 已探讨过各种各样的方法。其中有将氧离子注入衬底以形成氧化物埋层的方法、通过氧化物膜键合二个晶片并抛光或腐蚀其中的一个晶片以便在氧化膜上留下单晶硅层的方法、将氢离子注入到带有氧化膜的硅衬底表面以下预定深度、将硅衬底键合到另一个衬底再用热处理剥离后一衬底 (另一个衬底) 而在氧化膜上留下单晶硅薄层的方法。

本申请人在日本专利特许公开 No.5-21338 中公开了一种新的 SOI 技术。在这一技术中, 借助于在带有多孔层的单晶半导体衬底上制作无孔单晶层而得到的第一衬底, 通过绝缘层 (SiO_2) 键合到第二衬底, 再从多孔层分离二个衬底以便将无孔单晶层转移到第二衬底。

这一技术的优点在于 SOI 层具有高的薄膜厚度均匀性,可降低 SOI 层中的晶体缺陷密度,此 SOI 层具有高的表面平整度,不需要昂贵的专门制造设备,且带有厚度约数百埃至 10 μm 的 SOI 膜的 SOI 衬底可以用同一设备制造。

此外,本申请人在日本专利特许公开 No.7-302889 中公开了另一种技术,其中在上述第一和第二衬底被键合之后,第一衬底从第二衬底分离而不破裂,而且分离出来的第一衬底在整平其表面并再次制作多孔层之后被重新使用。由于第一衬底可得到经济的使用,此技术就具有制造成本可大为降低且制造工艺也简单的优点。

但在上述各种技术中,当二个键合的衬底被分离时,必须防止损伤衬底并保护制造设备等不受到产生颗粒所引起的沾污。

发明内容

考虑到上述情况,提出了本发明,本发明的目的是使用一种适合于分离半导体衬底或其它物体的分离装置和方法,另一目的是制造半导体衬底的方法。

根据本发明,提供了一种用来分离物体的分离装置,所述物体具有易碎层作为分离层,所述分离装置包含:射流装置,带有用来将流体射流喷射到所述物体以分离该物体的流体射流单元;扫描装置,用来改变所述流体射流单元和所述物体之间的相对位置关系,以便使物体分离工艺从所述物体的周边部分进行到所述物体的中央部分;以及控制装置,用来根据所述物体分离工艺的进程改变从射流单元喷射的流体的压力。

分离装置最好还包含用来固定所述物体的固定部分。

在分离装置中,所述物体最好具有平板形状,且固定装置固定平板状的物体以便沿其平面方向对着平面状物体注入流体。

在此分离装置中,在分离所述物体的分离层的周边部分附近的过程中,控制装置最好控制射流装置将流体的压力设定得比较高。

在此分离装置中,在分离所述物体的分离层中央部分附近的过程中,控制装置最好控制射流装置将流体的压力设定得比较高。

在此分离装置中,在分离所述物体的分离层周边部分附近和中央部分附近的过程中,控制装置最好控制射流装置将流体的压力设定得比较高,而在分离周边部分附近和中央部分附近之间的中间部分的过程中,控制射流装置将流体的压力设定得比较低。

在此分离装置中,控制装置最好根据射流单元与所述物体的相对位置关系来改变从射流单元喷射流体的压力。

在此分离装置中,控制装置最好按时间函数来改变从射流单元喷

射流体的压力。

分离装置最好还包含用来绕垂直于所述物体的分离层的轴而转动物体的旋转装置。

此易碎层最好是多孔层或具有微腔的层。

根据本发明，提供了一种借助于将流体射流从射流单元喷射到物体上而分离所述物体的分离方法，所述物体具有易碎层作为分离层，所述分离方法包含：控制步骤，根据物体分离工艺的进程改变从所述射流单元喷射的所述流体的压力，其中所述物体分离工艺从所述物体的周边部分进行到所述物体的中央部分。

在此分离方法中，所述物体最好具有平板形状，且借助于沿其平面方向对着平面状物体注入流体而被分离。

在此分离方法中，在分离所述物体的分离层的周边部分附近的过程中，控制步骤最好包含将待要从射流单元喷射的流体的压力设定得比较高。

在此分离方法中，在分离所述物体的分离层中央部分附近的过程中，控制步骤最好包含将待要从射流单元喷射的流体的压力设定得比较高。

在此分离方法中，在分离所述物体的分离层周边部分附近和中央部分附近的过程中，控制步骤最好包含将待要从射流单元喷射的流体的压力设定得比较高，而在分离周边部分附近和中央部分附近之间的中间部分的过程中，将待要从射流单元喷射的流体的压力设定得比较低。

在此分离方法中，控制步骤最好包含根据射流单元与所述物体的相对位置关系来改变从射流单元喷射流体的压力。

在此分离方法中，控制步骤最好包含按时间函数来改变从射流单元喷射流体的压力。

分离方法最好还包含在沿所述物体的分离层扫描射流单元的同时，执行物体的分离工艺。

分离方法最好还包含在绕垂直于所述物体的分离层的轴而转动物体的同时，执行物体的分离工艺。

此易碎层最好是多孔层或具有微腔的层。

根据本发明，提供了一种分离方法，它包含用本发明的上述分离装置来分离物体。

根据本发明，提供了一种制造半导体衬底的方法，它包含下列步骤：制备带有分离层的衬底；以及用本发明的上述分离方法在分离层处分离物体。

根据本发明，提供了一种制造半导体衬底的方法，它包含下列步骤：制作第一衬底，其中在一个表面上相继制作多孔层和无孔层；通过无孔层将第一衬底键合到第二衬底，以形成键合衬底叠层；以及在将流体射流喷射到键合衬底叠层的多孔层的同时，将键合衬底叠层分离成二个衬底，其中的分离步骤包含根据所述分离步骤的进行改变所述流体的压力，其中所述分离步骤从所述键合衬底叠层的周边部分进行到所述键合衬底叠层的中央部分。

根据本发明，提供了一种制造半导体衬底的方法，它包含下列步骤：从单晶半导体组成的衬底的表面，将离子注入到预定深度，从而制作其中形成有微腔层的第一衬底；将第二衬底键合到第一衬底的正面侧以形成键合衬底叠层；以及在将流体射流喷射到键合衬底叠层的微腔层的同时，将键合衬底叠层分离成二个衬底，其中的分离步骤包含根据所述分离步骤的进行改变所述流体的压力，其中所述分离步骤从所述键合衬底叠层的周边部分进行到所述键合衬底叠层的中央部分。

本发明提供了一种分离装置，包含：压力施加装置，用于对组合元件的侧表面施加流体压力，所述组合元件通过键合多个元件而形成并且具有由阳极化或者离子注入形成的分离层；旋转装置，用来绕垂直于所述组合元件的所述分离层的轴旋转此组合元件；扫描装置，用来改变所述组合元件的施加有所述压力的部分，以便使所述组合元件的分离工艺从所述组合元件的周边部分进行到所述组合元件的中央部分；以及控制装置，用来根据所述组合元件的所述分离工艺的进行来控制所述压力施加装置，以便改变施加到所述组合元件的所述侧表面上的所述压力。

本发明提供了一种制造半导体衬底的方法，它包含下列步骤：分离步骤，通过对组合元件的侧表面施加流体压力，同时绕垂直于所述组合元件的分离层的轴旋转此组合元件来分离所述组合元件，其中所述组合元件通过键合多个元件而形成并且所述组合元件的所述分离层由阳极化或者离子注入形成；其中的分离步骤包含根据所述组合元件的分离步骤的进行控制施加到所述组合元件的所述侧表面上的所述压力，其中所述分离步骤从所述组合元件的周边部分进行到所述组合元件的中央部分。

附图说明

从参照附图对本发明的实施例进行的下列详细描述中，本发明的其它目的、特点和优点将变得明显。

图 1A-1E 解释了根据本发明最佳实施例的制造 SOI 衬底的方法；

图 2A 和 2B 示出了存在和不存在 V 形槽的情况下, 作用于键合衬底叠层上的力;

图 3 示出了根据本发明第一实施例的分离装置的示意配置;

图 4 示出了根据本发明第一实施例的分离装置的示意配置;

图 5 示出了调整机构的第一种配置;

图 6 示出了调整机构的第二种配置;

图 7 示出了射流喷嘴驱动机械手的一个例子;

图 8 示出了射流喷嘴驱动机械手的另一个例子;

图 9 示出了分离工艺的控制;

图 10 示出了分离工艺的控制;

图 11 示出了分离工艺的控制;

图 12 示出了作用于键合衬底叠层上的射流的力;

图 13 示出了根据本发明第二实施例的分离装置的配置;

图 14 示出了根据本发明第三实施例的分离装置的配置;

具体实施方式

下面参照附图来描述本发明的最佳实施例。

图 1A-1E 解释了根据本发明第一实施例的制造 SOI 衬底的方法。

在图 1A 中, 制备了单晶硅衬底 11, 并用阳极化方法在单晶硅衬底 11 的表面上制作多孔硅层 12。在图 1B 中, 在多孔硅层 12 上外延生长单晶硅层 13 作为无孔层。之后, 对单晶硅层 13 的表面进行氧化以形成 SiO_2 层 15。以这种工艺制作第一衬底 10。

在图 1C 中, 制备单晶硅衬底 14 作为第二衬底 20。在室温下使第一衬底 10 和第二衬底 20 相互接触, 使第一衬底 10 的 SiO_2 层 15 面对第二衬底 20。用阳极键合、加压、加热、或它们的组合, 将第一衬底 10 和第二衬底 20 键合起来。用这一工艺, 第二衬底 20 和 SiO_2 层 15 被牢固地键合起来。如上所述, SiO_2 层 15 可以制作在单晶硅衬底 11 侧, 或制作在第二衬底上或者单晶硅衬底 11 和第二衬底 20 两侧, 只要借助于使第一衬底和第二衬底相接触得到图 1C 所示的状态即可。

在图 1D 中, 二个彼此键合的衬底在多孔硅层 12 处被分离。第二衬底侧有由多孔硅层 12'、单晶硅层 13、 SiO_2 层 15、和单晶硅衬底 14 组成的多层结构。在第一衬底 10' 侧, 多孔硅层 12' 被制作在单晶硅衬底 11 上。

在分离之后, 留下的多孔硅层 12' 被从衬底 10' 清除。如有需要, 则对衬底 10' 的表面进行整平, 使衬底 10' 再次被用作制造第一衬底 10 的单晶硅衬底 11。

在图 1E 中,在键合衬底叠层被分离之后,第二衬底侧上的多孔层 12” (10”+20)被选择性地清除。用这一工艺,就得到了具有由单晶硅层 13、绝缘层 15 和单晶硅衬底 14 组成的多层结构(亦即 SOI 结构)的衬底。

在此实施例中,在图 1D 所示的步骤中,亦即在分离彼此键合的二个衬底(以下称为键合衬底叠层)的步骤中,用来将高压液体或气体(流体)选择性地喷射到作为分离区域的多孔硅层的分离装置,被用来在分离区域处将衬底叠层分离成二个衬底。

[分离装置的基本配置]

此分离装置采用水射流方法。通常,水射流方法将高速、高压的水流喷射到物体上,以便例如切割或加工陶瓷、金属、水泥、树脂、橡胶或木制元件,从表面清除覆盖膜或清洗表面(见”Water Jet”, Vol.1, No.1, p4, (1984))。

此分离装置沿衬底表面方向将高速高压的流体流喷射到作为易碎结构部分的键合衬底叠层的多孔层(分离区域),以便选择性地击破多孔层,从而在多孔层处分离衬底。以下将流体流称为“射流”。形成射流的流体称为”射流介质“。水、醇之类的有机溶剂、含氟的酸或硝酸之类的酸、氢氧化钠之类的碱、空气、氮气、碳酸气、稀有气体或腐蚀气体之类的气体、或等离子体,都有可能用作射流介质。

在此分离装置中,射流喷射到暴露于键合衬底叠层侧表面的多孔层(分离区域),从而自周边部分到中央部分清除多孔层。用这一工艺,借助于仅仅清除机械强度低的分离区域而不损伤主体,键合衬底叠层被分离成二个衬底。甚至在键合衬底叠层的侧表面被某些薄层覆盖而多孔层未暴露的时候,此薄层也能够被射流清除,故可用上述方法来分离键合衬底叠层。

当沿侧表面在键合衬底叠层中制作有 V 形(凹形)槽时,在键合衬底叠层的周边部分,可有效地起到将键合衬底叠层分裂成二个衬底的作用。图 2A 和 2B 示出了存在和不存在 V 形槽的情况下,作用于键合衬底叠层上的力。图 2A 示出了带有 V 形槽 22 的键合衬底叠层。图 2B 示出了不带 V 形槽的键合衬底叠层。

如图 2A 所示,在带有 V 形槽 22 的键合衬底叠层中,力(以下称为

分离力)从键合衬底叠层的中心向外施加,如箭头 23 所示。另一方面,如图 2B 所示,在带有凸的侧表面的键合衬底叠层中,力从键合衬底叠层的侧表面向内施加,如箭头 24 所示。在带有凸的侧表面的键合衬底叠层中,除非作为分离区域的多孔层 12 被射流 21 清除,否则分离力是不起作用的。

甚至当在键合衬底的侧表面上形成薄膜时,如图 2A 所示,只要键合衬底叠层带有 V 形槽 22,分离力就会作用于键合衬底叠层上,故薄层能够被容易地击破。

为了有效地使用射流,V 形槽 22 的宽度 $W1$ 最好是等于或大于射流 21 的直径 d 。例如,假设第一衬底 10 和第二衬底 20 二者的厚度都是大约 1mm,则键合衬底叠层的厚度是 2mm。由于 V 形槽 22 的宽度 $W1$ 一般是 1mm,故射流的直径最好是 1mm 或更小。由于一般的水射流装置采用直径为 0.1-0.5mm 的射流,故可以使用这种一般的水射流装置(例如水射流喷嘴)。

喷射射流的喷嘴的形状不仅可以是圆形,而且可以是任何其它形状。例如,当采用缝隙形喷嘴来喷射截面为长的矩形的射流时,此射流能够高效率地注入到分离区域(插入在二个衬底之间的)之中。

射流喷射的条件根据分离区域(例如多孔层)的类型或键合衬底叠层的侧表面形状来确定。作为射流喷射条件的重要参数是加于射流介质的压力、射流扫描速度、喷嘴的宽度或直径(喷嘴的直径几乎与射流的直径完全相同)、喷嘴形状、喷嘴到分离区域之间的距离、以及射流介质的流速。

下列方法被用来分离键合衬底叠层。1)在喷嘴沿键合界面扫描的过程中,射流平行于键合界面被注入到键合界面之中。2)在键合衬底叠层被扫描的过程中,射流平行于键合界面被注入到键合界面之中。3)射流平行于键合界面被注入到键合界面之中,并同时在靠近喷嘴的转轴处的扇形内扫描。4)在键合衬底叠层绕几近键合衬底叠层中心而旋转的过程中,射流平行于键合界面被注入到键合界面之中(当键合衬底叠层的形状为盘形时,此方法特别有效)。5)在指向键合衬底叠层中心的射流喷嘴沿键合衬底侧表面扫描的过程中,射流平行于键合界面被注

入到键合界面之中。射流并不需要总是严格地平行于键合界面而喷射。

为了防止损伤衬底，沿轴向加于键合衬底叠层的分离力最好是数百 gf/cm^2 。

图 3 示出了根据本发明最佳实施例的分离装置的示意配置。分离装置 100 将射流注入到键合衬底叠层的多孔层之中，以便将键合衬底叠层分离成二个衬底。

分离装置 100 具有带真空吸盘机构 108a 和 109a 的衬底固定部分 108 和 109。键合衬底叠层 101 被衬底固定部分 108 和 109 夹在中间并固定。键合衬底叠层 101 具有作为易碎结构的多孔层 101b。分离装置 100 将键合衬底叠层在多孔层 101b 处分离成二个衬底 101a 和 101c。在此分离装置 100 中，键合衬底叠层被安置成使衬底 101a 位于图 1D 中的第一衬底 10' 侧上，而衬底 101c 位于图 1D 中的第二衬底 (10''+20) 侧上。

衬底固定部分 108 和 109 被置于同一中心轴上。衬底固定部分 108 连接于用支持底座 102 通过轴承 104 支持的轴向旋转的旋转轴 106 的一端。旋转轴 106 的另一端连接于固定在支持部分 110 上的驱动源 (例如马达) 110 的旋转轴。驱动源 110 产生的旋转力使衬底固定部分 108 真空吸住的键合衬底叠层 101 旋转。在分离键合衬底叠层 101 的过程中，驱动源 110 根据控制器 (未示出) 的指令而以规定的旋转速度来使旋转轴 106 旋转。

衬底固定部分 109 连接于可旋转的并用支持部分 103 通过轴承 105 轴向可滑移地支持的旋转轴 107 的一端。旋转轴 107 的另一端连接于驱动源 (例如马达) 111。驱动源 110 转动旋转轴 106 的速度与驱动源 111 转动旋转轴 107 的速度显然必须彼此相等以防止键合衬底叠层 101 发生扭曲。

驱动源 110 和 111 不一定总是要二者同时都具备，有其中的一个就可能足够了。例如，当仅仅使用驱动源 110 时，在键合衬底叠层 101 被分离之前，旋转轴 106、衬底固定部分 108、键合衬底叠层 101、衬底固定部分 109 以及旋转轴 107 一起旋转。在键合衬底叠层 101 被分离成二个衬底之后，旋转轴 107 侧上的各个元件就停止下来。

作为变通，一个驱动源产生的转动力可以分成二个力，使旋转轴 106

和 107 分别由旋转分力来转动。

用来对键合衬底叠层 101 加压的弹簧 113 被安装到支持旋转轴 107 的支持部分 103。因此,即使当键合衬底叠层 101 不被真空吸盘机构 108a 和 109a 吸住时,被射流喷嘴 112 喷射的射流所分离的二个衬底也不会掉下来。此外,当键合衬底叠层 101 在被加压的情况下分离时,键合衬底叠层 101 在分离过程中可以被稳定地固定。

用来对键合衬底叠层 101 加压的弹簧也可以被安装在旋转轴 106 一侧。

分离装置 100 具有调整机构,用来调整衬底固定部分 108 和 109 之间的间距。

图 5 示出了调整机构的第一种配置。图 5 示出了采用气缸 122 的调整机构。气缸 122 固定在例如支持部分 103 上。驱动源 111 被活塞杆 121 移动。为了在分离装置 100 中安置键合衬底叠层 101,对气缸 122 进行控制,以便沿衬底固定部分 108 与 109 之间的间距增加的方向(沿 X 轴的正方向)移动驱动源 111。此时,键合衬底叠层 101 被安置在衬底固定部分 108 和 109 之间,再撤消气缸 122 对活塞杆 121 的驱动。衬底固定部分 109 利用弹簧 113 的作用对键合衬底叠层 101 加压。

图 6 示出了调整机构的第二种配置,这是一种采用偏心轮 131 和马达的调整机构。偏心轮 131 连接于马达(未示出)。借助于相互移动连接于马达 111 后端的驱动板 132 来调整衬底固定部分 108 和 109 之间的间距。如上所述,弹簧 113 沿 X 轴的负方向对旋转轴 107 加力。当键合衬底叠层 101 要固定时,在偏心轮 131 和驱动板 132 之间形成间隙。因此,当键合衬底叠层 101 要固定时,压力作用在键合衬底叠层 101 上。

用来调整衬底固定部分 108 和 109 之间的间距的上述机构,也可以安装在衬底固定部分 108 一侧。

高压泵 115 被连接到射流喷嘴 112。当高压射流介质(例如水)从高压泵 115 被送到射流喷嘴 112 时,就从射流喷嘴 112 喷射出射流。由高压泵 115 加于射流介质的压力,用压力控制区 116 来控制。

下面描述用分离装置 100 来进行的衬底分离工艺。

为了在分离装置 100 中安置键合衬底叠层 101,首先,在键合衬底

叠层 101 的中心与衬底固定部分 108 和 109 的中心一致的情况下，用传送机械手将键合衬底叠层 101 插入在衬底固定部分 108 和 109 之间并固定。键合衬底叠层 101 被衬底固定部分 108 真空吸住。

接着，用弹簧 113 的力将衬底固定部分 109 压向键合衬底叠层 101。更具体地说，当用图 5 所示的调整机构来调整衬底固定部分 108 和 109 之间的间距时，气缸 122 对活塞杆 121 的驱动被撤消。当采用图 6 所示的调整机构时，旋转偏心轮 131 使弹簧 113 的压力作用于键合衬底叠层 101 上。

当要执行分离工艺时，键合衬底叠层 101 不一定总是要被真空吸盘机构 108a 和 109a 真空吸住。这是由于键合衬底叠层 101 被弹簧 113 的压力固定了。但当使用微弱的压力时，最好是将键合衬底叠层 101 真空吸住。

旋转轴 106 和 107 由彼此同步的驱动源 110 和 111 来转动。此时，在用压力控制区 116 来控制压力的情况下，高压射流介质（例如水）从高压泵 115 被送到射流喷嘴 112，从而由射流喷嘴 112 喷射出高速高压的射流。喷射的射流被注入到键合衬底叠层 101 的分离区。当注入射流时，键合衬底叠层 101 的多孔层 101b（即易碎结构）被击破，键合衬底叠层 101 因而在多孔层 101b 处被分离成二个衬底。

随后，在将射流注入到键合衬底叠层 101 的分离区（多孔层 101b）之中的同时，二个被分离的衬底 101a 和 101c 被物理上彼此分开。更具体地说，当图 5 所示的调整机构被用来调整衬底固定部分 108 和 109 之间的间距时，在衬底分别被衬底固定部分 108 和 109 真空吸住的情况下，活塞杆 121 被气缸 122 沿 X 轴的正方向（弹簧 113 压缩的方向）驱动。当采用图 6 所示的调整机构时，在衬底分别被衬底固定部分 108 和 109 真空吸住的情况下，旋转偏心轮 131 以便沿 X 轴的正方向（弹簧 113 压缩的方向）来驱动旋转轴 107。

如图 4 所示，衬底 101a 和 101c 就被完全分开了，射流喷射被停止，并用例如传送机械手将衬底从衬底固定部分 108 和 109 取下。

射流喷嘴 112 可以固定在一定位置，但最好是可移动的。这是因为射流喷嘴 112 的位置最好要根据键合衬底叠层 101 的类型或尺寸来调

整。

图 7 示出了射流喷嘴 112 的驱动机械手。图 7 所示的驱动机械手 160 沿路径 170 移动射流喷嘴 112。当键合衬底叠层 101 要安装到衬底固定部分 108 和 109，或要从衬底固定部分 108 和 109 取下时，驱动机械手 160 将射流喷嘴 112 移动到重新处理位置 171。当键合衬底叠层 101 要被分离和分开时，驱动机械手 160 将射流喷嘴 112 移动到工作位置 172。如上所述，当射流喷嘴 112 在安装/取下键合衬底叠层 101 的过程中被重新处理时，能够有效地执行安装/取下键合衬底叠层 101 的操作，更确切地说是使用传送机械手的安装/取下键合衬底叠层 101 的操作。

在分离和分开键合衬底叠层 101 的过程中，将射流喷嘴 112 沿键合衬底叠层 101 的平面方向在键合衬底叠层 101 分离区上进行扫描也是有效的。此时，键合衬底叠层 101 无须旋转就可很好地分离。

图 8 示出了射流喷嘴 112 的另一个驱动机械手例子。图 8 所示的驱动机械手沿路径 180 移动射流喷嘴 112。当键合衬底叠层 101 要安装到衬底固定部分 108 和 109，或要从衬底固定部分 108 和 109 取下时，驱动机械手 161 将射流喷嘴 112 移动到重新处理位置 181。当键合衬底叠层 101 要被分离和分开时，驱动机械手 161 将射流喷嘴 112 移动到工作位置 182。如上所述，当射流喷嘴 112 在安装/取下键合衬底叠层 101 的过程中被重新处理时，能够有效地执行安装/取下键合衬底叠层 101 的操作，更确切地说是使用传送机械手的安装/取下键合衬底叠层 101 的操作。

在分离和分开键合衬底叠层 101 的过程中，将射流喷嘴 112 沿键合衬底叠层 101 的平面方向在键合衬底叠层 101 分离区上进行扫描也是有效的。此时，键合衬底叠层 101 无须旋转就可很好地分离。

在恰当改变射流压力的同时，分离装置 100 将键合衬底叠层分离。其原因如下。

分离键合衬底叠层 101 所需的射流压力根据键合衬底叠层的分离区域的部位而改变。例如，在键合衬底叠层 101 的周边和中央部分之间，作用在键合衬底叠层上的分离力发生改变，故分离周边和中央部分所需的射流压力改变。当要用恒定的射流压力来分离键合衬底叠层 101 时，

必须在整个分离工艺中使用高压。此时，键合衬底叠层或被分离的结构可能破裂或被损伤，导致低的成品率。

为了解决这一问题，可降低分离区域的机械强度。但当分离区域被做成过分易碎时，则在键合或清洗二个衬底（第一衬底和第二衬底）的步骤中就容易击破分离区域，故难以制造所需质量的衬底。此外，从破裂的分离区域可能产生颗粒，以致沾污制造设备等。

为了恰当地控制键合衬底叠层分离工艺过程中的射流压力，要根据射流喷嘴 112 与键合衬底叠层 101 之间的位置关系或根据时间来控制压力。

图 9-11 示出了分离工艺过程中的射流压力控制的例子。压力控制区 116 根据图 9-11 所示的控制过程之一来控制高压泵 115 产生的压力（射流压力）。

图 9 示出了一个控制例子，其中在将射流喷嘴 112 固定于图 7 或图 8 所示的工作位置 172 或 182 处，并旋转键合衬底叠层 101 的情况下，执行分离工艺。在图 9 所示的例子中，射流压力在三个步骤中被调整。在周期 T1 中，主要分离键合衬底叠层 101 的周边部分。在周期 T1 中，注入到键合衬底叠层 101 中的射流容易冒出，分离力很难作用于键合衬底叠层 101 上，故射流压力要设定得高。在键合衬底叠层 101 的周边部分处，如上所述，射流介质容易冒出。因此，即使当射流压力被设定为相当高时，键合衬底叠层 101 也不破裂。

在周期 T2 中，主要分离键合衬底叠层 101 的周边部分和中央部分之间的中间部分（以下简称为中间部分）。由于射流速度在中间部分降低了，分离键合衬底叠层 101 的作用也因为冲击多孔层的射流介质的影响而减弱了。但在中间部分，注入到键合衬底叠层 101 的射流介质的射出路径缩短了。由注入到键合衬底叠层 101 中的射流介质的压力造成的分离力增大，且键合衬底叠层 101 主要被这一分离力分离。当与对周边部分所施加的压力相同的压力被施加到射流介质时，键合衬底叠层 101 可能破裂。为此，射流介质的压力在中间部分处被设定得比较低。

在周期 T3 中，主要分离键合衬底叠层 101 的中央部分。当分离部分靠近中央部分时，键合衬底叠层 101 的被分离部分翘曲，从而加长了射

流介质的冒出路径。比之中间部分的分离，射流介质的压力降低了，导致较小的分离力。因此，为此，在中央部分，射流介质的压力最好设定成高于分离中间部分时的压力。

如上所述，借助于根据分离工艺中时间的推移而恰当地改变从射流喷嘴射出的射流的压力，就能够在提高分离工艺效率的同时，降低对键合衬底叠层的损伤。

图 10 示出了一个控制例子，其中在沿键合衬底叠层 101 分离区域扫描射流喷嘴 112 且同时旋转键合衬底叠层 101 的过程中，执行分离工艺。图 12 示出了作用在键合衬底叠层 101 上的力。如图 12 所示，当射流向键合衬底叠层 101 的周边部分注入时，向键合衬底叠层 101 注入的射流容易向外冒出，使射流的分离力不能有效地作用于键合衬底叠层 101 上。另一方面，当射流向键合衬底叠层 101 的中央部分注入时，注入到键合衬底叠层 101 的射流有效地分离键合衬底叠层 101。根据这一例子，当射流喷嘴 112 要沿多孔层扫描时，最好根据射流喷嘴 112 与键合衬底叠层 101 之间的位置关系而改变射流压力。

在区域 Y1 中，射流压力被稳定。在区域 Y2 中，主要分离键合衬底叠层 101 的周边部分。在此区域 Y2 中，如上所述，由于射流不是被有效地注入到键合衬底叠层 101，故射流压力最好是设定得比较高。

在区域 Y3 中，主要分离键合衬底叠层 101 的中间部分。在此区域 Y3 中，比之区域 Y2，由于射流有效地分离键合衬底叠层 101，故射流压力最好设定成比区域 Y2 的低，以防止对键合衬底叠层 101 的损伤。

在区域 Y4 中，主要分离键合衬底叠层 101 的中央部分。当分离部分由于扫描射流喷嘴 112 而靠近中央部分时，键合衬底叠层 101 的被分离部分翘曲，从而加长了射流介质的冒出路径。比之中间部分的分离，射流介质的压力降低了，导致较小的分离力。为此，在中央部分，射流介质的压力最好设定成高于分离中间部分时的压力。在此例子中，键合衬底叠层 101 在旋转过程中被分离。因此，在射流喷嘴 112 从键合衬底叠层 101 的周边部分扫描到中央部分的时候，就完成了键合衬底叠层 101 的分离。在区域 Y5 中，高压泵的压力被逐渐降低，直至停止泵的工作。

如上所述，当根据射流喷嘴 112 与键合衬底叠层 101 之间的位置关

系而恰当地改变从射流喷嘴 112 射出的射流的压力时，就能够在提高分离工艺效率的同时，降低对键合衬底叠层的损伤。

图 11 示出了另一个控制例子，其中在沿键合衬底叠层的分离区域扫描射流喷嘴 112，同时旋转键合衬底叠层 101 的过程中，执行分离工艺。在此控制例子中，比之图 10 所示的控制例子，在从周边部分到中间部分的区域中以及从中间部分到中央部分的区域中，射流压力改变得更平滑。

在区域 Y1 中，射流压力被稳定。在区域 Y2 中，主要分离键合衬底叠层 101 的周边部分。在此区域 Y2 中，如上所述，由于射流不是被有效地注入到键合衬底叠层 101，故射流压力最好是设定得比较高。

在区域 Y3 和 Y4 中，主要分离键合衬底叠层 101 的中间部分。在此区域 Y3 中，射流压力被逐渐降低。在区域 Y4 中，射流压力被逐渐升高。

在区域 Y5 中，主要分离键合衬底叠层 101 的中央部分。在区域 Y6 中，高压泵的压力被逐渐降低，直至停止泵的工作。

如上所述，当根据射流喷嘴 112 与键合衬底叠层 101 之间的位置关系而平滑地改变从射流喷嘴 112 射出的射流的压力时，可用具有更恰当的压力射流来分离键合衬底叠层 101。

改变从射流喷嘴 112 射出的射流的压力的方法不局限于上述三个例子。根据键合衬底叠层的类型或尺寸、分离层的类型或尺寸、或键合衬底叠层固定方法，可适当地改变上述方法。

以下描述根据本发明第二实施例的分离装置的配置。图 13 示出了根据本发明第二实施例的分离装置的配置。

分离装置 400 具有带真空吸盘的衬底固定部分 404 和 406。键合衬底叠层 101 被衬底固定部分 404 和 406 夹在中间并固定。键合衬底叠层 101 具有作为易碎结构的多孔层 101b。分离装置 400 将键合衬底叠层在多孔层 101b 处分离成二个衬底 101a 和 101c。在此分离装置 400 中，键合衬底叠层被安置成使衬底 101a 位于图 1D 中的第一衬底 10' 侧上，而衬底 101c 位于图 1D 中的第二衬底 (10''+20) 侧上。

衬底固定部分 404 连接于用支持底座 401 通过轴承 405 可旋转地轴向支持的旋转轴 403 的一端。旋转轴 403 的另一端连接于马达 402 的旋

转轴。马达 402 产生的旋转力使衬底固定部分 404 真空吸住的键合衬底叠层 101 旋转。在分离键合衬底叠层 101 的过程中，马达 402 根据控制器（未示出）的指令而以规定的旋转速度来旋转转轴 403。

衬底固定部分 406 连接于可旋转的并用支持底座 401 通过轴承 407 轴向可滑动地支持的转轴 408 的一端。压缩弹簧 409 安装到转轴 408 的另一端。用这种配置，键合衬底叠层 101 从压缩弹簧 409 接受沿衬底 101a 和多孔层 101b 彼此隔开的方向（X 轴方向）的力。因此，当键合衬底叠层 101 被来自射流喷嘴 418 的射流分离成衬底 101a 侧和衬底 101c 侧时，衬底 101a 侧就沿 X 轴方向移动，被从衬底 101c 侧分离。

在键合衬底叠层 101 被分离之前，转轴 403 的旋转力通过键合衬底叠层 101 传送到衬底固定部分 406。结果，转轴 403、衬底固定部分 404、键合衬底叠层 101、衬底固定部分 406、转轴 408、以及压缩弹簧 409 就一起转动。当键合衬底叠层 101 被分离成二个衬底时，转轴 408 停止转动。

气缸 411 被配置在转轴 408 的内端侧（沿 X 轴方向）。当键合衬底叠层 101 要被衬底固定部分 404 和 406 固定时，气缸 411 推动活塞杆沿压缩弹簧 409 压缩的方向（X 轴的负方向）移动转轴 408 的内端（此状态示于图 13）。在键合衬底叠层 101 被真空吸盘的吸引固定之后，气缸 411 使活塞杆 410 缩回（沿 X 方向移动活塞杆 410），以便分离键合衬底叠层 101。亦即，在将键合衬底叠层 101 安装到衬底固定部分 404 和 406 之间的过程中，气缸 411 推动活塞杆 410，并在完成安装时缩回活塞杆 410。

为了在分离装置 400 中安装键合衬底叠层 101，键合衬底叠层 101 被安装在由支持底座 401 通过轴承 413 和 414 而轴向支持的对准转轴 412 的沟槽部分 412a 上，然后如上所述，推动活塞杆 410，使衬底固定部分 406 与键合衬底叠层 101 相接触。在这种状态下，实现衬底固定部分 404 和 406 的真空吸盘作用。

二个对准转轴 412 最好沿 Y 轴配置。此时，仅仅靠将键合衬底叠层 101 放置在二个对准转轴 412 上，就可以确定键合衬底叠层 101 相对于三个方向（亦即 X、Y、Z 方向）的位置。这就简化了键合衬底叠层 101

的手工安装。此外，若要使用传送机械手，则可以简化传送机械手的设计。

为了移出被分离了的衬底，在完成分离工艺时，沿 X 轴方向移动衬底 101a 侧，以便分开二个衬底。然后用例如传送机械手夹住二个衬底，并释放衬底固定部分 404 和 406 的真空吸盘的吸引作用。

高压泵 419 连接于射流喷嘴 418。当高压射流介质从高压泵 419 被送到射流喷嘴 418 时，射流从射流喷嘴 418 射出。由高压泵 419 加于射流介质的压力根据图 9-11 所示的控制手续中的一种手续而被压力控制区 420 控制。

快门 415 被用来防止射流在射流压力达到预定压力之前冲击键合衬底叠层 101。

在分离装置 400 中，当键合衬底叠层被分离时，射流压力也被恰当地控制。例如，根据射流喷嘴 418 和键合衬底叠层 101 的位置关系或根据时间来控制射流压力。图 9-11 所示的控制例子也可以应用于分离装置 400。

以下描述根据本发明第三实施例的分离装置的配置。图 14 示出了根据本发明第三实施例的分离装置的配置。在分离装置 200 中，衬底固定部分 205 将键合衬底叠层 101 固定于一定的位置，而射流喷嘴 202 沿键合衬底叠层 101 的分离层用水平驱动机构 204 扫描。射流喷嘴 202 的垂直位置调整，用垂直驱动机构 203 来执行。

在上述各种分离装置的每一种中，当键合衬底叠层的分离区域（多孔层）的强度不均匀时，最好根据强度调整射流压力。

上述各种分离装置的每一种都不仅能够用来分离键合衬底叠层之类的半导体衬底，而且还能够用来分离各种各样的物体。此物体最好有易碎结构作为分离层。

上述各种分离装置的每一个处理一个键合衬底叠层。但当多个键合衬底叠层沿平面方向对准，且分离装置的射流喷嘴沿平面方向扫描时，则多个键合衬底叠层可以同时分离。

作为变通，当多个键合衬底叠层沿轴向对准，且采用分离装置的射流喷嘴沿轴向扫描的机构时，也可以相继分离多个键合衬底叠层。

以下描述上述各种分离装置的应用例子。分离装置特别适合于分离具有易碎层作为分离层的结构。多孔层、由离子注入制作的微腔层、或带有集中于晶格处的畸变即缺陷的异质外延层，都可以用作分离层。分离层可以由具有不同结构的多个层制成，例如由具有不同多孔性的层制成。

(例 1)

尺寸为 6 英寸而电阻率为 $0.01\Omega\text{cm}$ 的第一 p 型或 n 型单晶硅衬底在 HF 溶液中被阳极氧化以形成多孔硅层（相当于图 1A 所示的步骤）。阳极氧化条件如下。

电流密度	7 (mA/cm ²)
阳极氧化溶液	HF:H ₂ O:C ₂ H ₅ OH =1:1:1
时间	11 (min)
多孔硅厚度	12 (μm)

多孔硅被用来制作多孔硅层上的高质量外延硅层并用作分离层。多孔硅层的厚度不局限于上述的厚度，最好是数百至 $0.1\mu\text{m}$ 。

此衬底在 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下在氧气氛中被氧化 1 小时。在氧化时，多孔硅层的每个孔的内壁被热氧化膜覆盖。多孔硅层的表面用氢氟酸处理以便仅仅清除多孔硅层表面上的氧化膜，同时留下各个孔内壁上的氧化膜。之后，用 CVD（化学汽相淀积）方法在多孔硅层上外延生长 $0.3\mu\text{m}$ 的单晶硅。生长条件如下。

源气体	SiH ₂ Cl ₂ /H ₂
气体流速	0.5/180(l/min)
气体压力	80(Torr)
温度	950(°C)
生长速度	0.3(μm/min)

用热氧化方法在外延硅层的表面上制作厚度为 200nm 的氧化膜（SiO₂ 层）作为绝缘层（相当于图 1B 所示的步骤）。

独立地制备的第一衬底和第二硅衬底被叠层起来并使之相互接触，使第一衬底的 SiO₂ 层表面正对着第二衬底的表面。在 $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下对得到

的结构进行1小时的热处理以键合二个衬底(相当于图1C所示的步骤)。

接着,用图14所示的分离装置200来分离得到的键合衬底叠层101(相当于图1D所示的步骤)。以下描述其细节。

首先,如图14所示,键合衬底叠层101被衬底固定部分205夹在中间并垂直固定。在 2200kgf/cm^2 的压力下,纯水从直径为 0.15mm 的射流喷嘴202射出。用水平驱动机构204使射流喷嘴在键合衬底叠层101的紧邻上方沿斜面的凹部以预定速度 10mm/sec 扫描。

在射流喷嘴202从键合衬底叠层101的边缘紧邻上方向键合衬底叠层101的中心移动 15mm 的过程中(沿扫描方向),射流压力保持在 2200kgf/cm^2 。

当射流喷嘴通过此位置时,射流压力被连续地降低。压力降低的速度为射流喷嘴202每移动 1cm 距离降低 100kgf/cm^2 。当射流喷嘴202在键合衬底叠层101中心紧邻上方通过时,射流压力为 1600kgf/cm^2 。

在射流喷嘴202通过键合衬底叠层101中心紧邻上方之后,射流压力以射流喷嘴202每移动 1cm 距离上升 100kgf/cm^2 的速率上升。

在射流喷嘴202通过离键合衬底叠层101中心紧邻上方 60mm 的位置之后,射流压力被固定于 2200kgf/cm^2 。

在衬底固定部分205和键合衬底叠层101之间的接触部分,最好放置一个弹性元件206(例如氟橡胶、全氟橡胶、或硅橡胶)。此时,由于被分离成二个衬底的键合衬底叠层101能够容易地彼此分离,故射流能够容易地注入到由衬底固定部分205支持的键合衬底叠层101。

用上述工艺,键合衬底叠层101在作为分离层的多孔层处被分离成二个衬底。

各种各样的方法可用来固定键合衬底叠层101。例如,键合衬底叠层101可以从二侧固定或用带有真空吸盘的衬底固定部分来固定。在后一种情况下,键合衬底叠层101可以被拉向二侧并固定。用这种配置,物理上被分离的二个衬底被立即分开,因此可防止由二个衬底之间的碎片所造成的损伤。

结果,除了制作在第一衬底表面上的 SiO_2 层和外延硅层之外,部分多孔硅层被转移到第二衬底侧。多孔硅层被留在第一衬底表面上。

当用这种方法分离 100 个键合衬底叠层时，其中的大约 90% 被满意地分离。另一方面，当键合衬底叠层在保持预定射流压力的情况下被分离时，在工艺过程中大约 30% 的键合衬底叠层被损伤。

转移到第二衬底的多孔硅层在搅拌的由 49% 氢氟酸和 30% 过氧化氢组成的混合溶液中被选择性地腐蚀（相当于图 1E 所示的步骤）。第二衬底的单晶硅层用作腐蚀停止层。多孔硅层被选择性地腐蚀并被完全清除。

无孔硅单晶在上述腐蚀剂中的腐蚀速率是很低的。多孔层腐蚀速率的选择比为 10^5 或更大。无孔层的腐蚀量（大约数十埃）是实际可使用的。

用上述工艺，在氧化硅膜上制作了带有 $0.2\mu\text{m}$ 厚单晶硅层的 SOI 衬底。在整个表面的 100 个点上测量了多孔硅层选择性腐蚀后的单晶硅层的厚度。此厚度为 $201\pm 4\text{nm}$ 。

用透射电子显微镜进行的剖面观察发现，在单晶硅层中没有形成新的晶体缺陷，保持了满意的结晶性。

在 1100°C 下于氢气中对得到的结构进行 1 小时的热处理，并用原子力显微镜评估表面粗糙度。在 $50\mu\text{m}$ 见方区域内的均方粗糙度约为 0.2nm 。这几乎等于市售硅片的粗糙度。

即使在氧化膜（ SiO_2 ）不是制作在外延层表面上而是制作在第二衬底表面上或二种表面上的时候，也得到了与上述相同的结果。

留在第一衬底侧上的多孔硅层在搅拌的由水、40% 氢氟酸和 30% 过氧化氢组成的混合溶液中被选择性地腐蚀。当得到的结构接受诸如氢退火或表面抛光之类的表面处理时，此衬底可以重新用作第一或第二衬底。

在上述例子中是处理一个键合衬底叠层。但当多个键合衬底叠层沿平面方向对准，且分离装置的射流喷嘴沿平面方向扫描时，则多个键合衬底叠层可以同时分离。

作为变通，当多个键合衬底叠层沿轴向对准，且采用分离装置的射流喷嘴沿轴向扫描的机构时，也可以相继分离多个键合衬底叠层。

在上述例子中，射流喷嘴被扫描。作为替换，也可以在射流喷嘴固定到位的情况下，扫描键合衬底叠层。

在上述例子中，采用图 14 所示的分离装置 200。也可以采用图 3 所示的分离装置 100 或图 13 所示的分离装置 400。

(例 2)

电阻率为 $0.01\Omega\text{cm}$ 的第一 p 型或 n 型单晶硅衬底在 HF 溶液中接受第二步阳极氧化以形成多孔硅层(图 1A 所示的步骤)。阳极氧化条件如下。

<第一步阳极氧化>

电流密度	7 (mA/cm^2)
阳极氧化溶液	HF:H ₂ O:C ₂ H ₅ OH =1:1:1
时间	10 (min)
第一多孔硅厚度	4.5 (μm)

<第二步阳极氧化>

电流密度	20 (mA/cm^2)
阳极氧化溶液	HF:H ₂ O:C ₂ H ₅ OH =1:1:1
时间	2 (min)
第二多孔硅厚度	2 (μm)

制作具有二层结构的多孔硅层。在低电流下阳极氧化的表面多孔硅层被用来制作高质量外延硅层，而在高电流下阳极氧化的下面的多孔硅层(具有高度多孔性的层)被用作分离层。故二个层的功能被分开。低电流下制作的多孔硅层的厚度不局限于上述的厚度($4.5\mu\text{m}$)，数百至 $0.1\mu\text{m}$ 是合适的。高电流下制作的多孔硅层的厚度也不局限于上述的厚度($2\mu\text{m}$)，只要确保此厚度能够使键合衬底叠层被射流分离即可。

在制作第二多孔硅层之后，可以制作具有不同多孔性的第三层或更多的层。

此衬底在 $400\text{ }^\circ\text{C}$ 下于氧气氛中被氧化 1 小时。在氧化时，多孔硅层的每个孔的内壁被热氧化膜覆盖。多孔硅层的表面用氢氟酸处理以便仅仅清除多孔硅层表面上的氧化膜，同时留下各个孔内壁上的氧化膜。之后，用 CVD (化学汽相淀积) 方法在多孔硅层上外延生长 $0.3\mu\text{m}$ 的单晶硅。生长条件如下。

源气体	SiH ₂ Cl ₂ /H ₂
气体流速	0.5/180(l/min)
气体压力	80(Torr)
温度	900(℃)
生长速度	0.3(μm/min)

用热氧化方法在外延硅层的表面上制作厚度为 200nm 的氧化膜 (SiO₂ 层) 作为绝缘层 (相当于图 1B 所示的步骤)。

独立地制备的第一衬底和第二硅衬底被叠层起来, 使 SiO₂ 层的表面正对着第二衬底的表面。在 1100 ℃ 下对得到的结构进行 1 小时的热处理, 以键合二个衬底 (相当于图 1C 所示的步骤)。

接着, 用图 13 所示的分离装置 400 来分离得到的键合衬底叠层 101 (相当于图 1D 所示的步骤)。以下描述其细节。

首先, 键合衬底叠层 101 被垂直地固定在衬底固定部分 404 和 406 之间, 并推动活塞杆 410, 使衬底固定部分 406 与键合衬底叠层 101 接触。此时, 衬底固定部分 404 和 406 的真空吸盘被启动。键合衬底叠层 101 和射流喷嘴 418 之间的距离最好是 10-30mm。在此例子中, 此距离被设定为 15mm。

随后, 作为射流介质的水从高压泵 419 被送到射流喷嘴 418, 并等待射流稳定。射流压力在压力控制区 420 的控制下被设定为 500kgf/cm²。当射流稳定时, 打开快门 415, 以便射流注入到键合衬底叠层 101 的斜面的凹部。此时, 用马达 402 转动衬底固定部分 404 以旋转键合衬底叠层 101。

借助于根据图 9 所示的手续控制高压泵 419 而执行分离工艺。首先, 在保持射流压力为 500kgf/cm² 的情况下, 开始分离工艺。在分离工艺开始之后 20-80 秒的期间内, 在保持射流压力为 200kgf/cm² 的情况下继续分离工艺。在分离工艺开始之后 80-100 秒的期间内, 未被分离的部分在 400kgf/cm² 的较高射流压力下被分离。

用上述工艺, 利用恰当的分力使键合衬底叠层 101 分离成二个衬底而不受损伤。

根据分离装置 400, 由于从键合衬底叠层 101 分离出来的二个衬底

彼此被立即分开，故二个衬底在分离之后不太可能受到碎片的损伤。

如在图 14 所示的分离装置 200 中那样，虽然不带旋转而是扫描射流喷嘴的这一分离键合衬底叠层的方法是有效的，但如在图 13 所示的分离装置 400 中那样，在旋转情况下分离键合衬底叠层 101 时，可用低压射流来分离键合衬底叠层。例如，当图 14 所示的分离装置 200 采用直径为 0.15mm 的射流喷嘴 202 时，射流的压力要求在 2000kgf/cm^2 附近。但在图 13 所示的分离装置 400 中，可以用压力为数百 kgf/cm^2 的射流来分离键合衬底叠层。这是因为当射流被注入到键合衬底叠层 101 的中央部分时，分离力有效地作用到了键合衬底叠层 101 的内部。

用降低射流压力的方法可得到下列效果。

- 1) 可防止击破或损伤键合衬底叠层。
- 2) 由于高压泵容量足够，故可同时使用多个射流喷嘴。
- 3) 高压泵可做得紧凑而重量轻。
- 4) 由于增大了高压泵或管道系统材料的选择自由度，故可选择适合于射流介质（例如纯水）的材料。
- 5) 由于降低了高压泵或射流喷射的噪音，故可容易地进行隔音测量。

在图 13 所示的分离装置 400 中，仅仅驱动衬底固定部分 404 侧，因此，扭曲力可能作用于键合衬底叠层 101 上。若此力引起问题，则最好在衬底固定部分 406 侧连接另一个马达，以便彼此同步地驱动衬底固定部分 404 和 406。

在键合衬底叠层 101 被分离之后，转移到第二衬底的多孔硅层在搅拌的由 49% 氢氟酸和 30% 过氧化氢组成的混合溶液中被选择性地腐蚀（相当于图 1E 所示的步骤）。单晶硅层用作腐蚀停止层。多孔硅层被选择性地腐蚀并被完全清除。

无孔硅单晶在上述腐蚀剂中的腐蚀速率是很低的。多孔层腐蚀速率的选择比为 10^5 或更大。无孔层的腐蚀量（大约数十埃）是实际可使用的。

用上述工艺，在氧化硅膜上制作了带有 $0.2\mu\text{m}$ 厚单晶硅层的 SOI 衬底。在整个表面的 100 个点上测量了多孔硅层选择性腐蚀后的单晶硅层的厚度。此厚度为 $201\pm 4\text{nm}$ 。

用透射电子显微镜进行的剖面观察发现，在单晶硅层中没有形成新的晶体缺陷，保持了满意的结晶性。

在 1100 °C 下于氢气中对得到的结构进行 1 小时的热处理，并用原子力显微镜评估表面粗糙度。在 50 μ m 见方区域内的均方粗糙度约为 0.2nm。这几乎等于市售硅片的粗糙度。

即使在氧化膜 (SiO₂) 不是制作在外延层表面上而是制作在第二衬底表面上或二种表面上的时候，也得到了与上述相同的结果。

留在第一衬底侧上的多孔硅层在搅拌的由水、40%氢氟酸和 30%过氧化氢组成的混合溶液中被选择性地腐蚀。当得到的结构接受诸如氢退火或表面抛光之类的表面处理时，此衬底可以重新用作第一或第二衬底。

即使图 3 所示的分离装置 100 被用作分离装置，也得到与上述相同的效果。

即使采用图 14 所示的分离装置 200。也制造了满意的衬底。

(例 3)

用热氧化方法在第一单晶硅衬底的表面上制作厚度为 400nm 的氧化膜 (SiO₂ 层) 作为绝缘层。然后从第一衬底表面进行离子注入，使投影范围落在硅衬底内。用此工艺，用作分离层的层被制作成在对应于投影范围的深度处的由微腔层或重掺离子层造成的畸变层。

独立地制备的第一衬底和第二硅衬底被接触到一起，使 SiO₂ 层的表面正对着第二衬底的表面。在 600 °C 下对得到的结构进行 10 小时的热处理，以键合二个衬底。在二个衬底被键合之前，用 N₂ 等离子体之类对衬底进行处理以提高键合强度。

用图 13 所示的分离装置 400 来分离得到的键合衬底叠层 101。除了在整个工艺中射流压力提高了大约 150kgf/cm² 之外，分离工艺是在与例 2 相同的条件下进行的。

结果，除了制作在第一衬底表面上厚度为 500nm 的 SiO₂ 层和表面单晶层之外，分离层的一部分被转移到了第二衬底侧。分离层留在第一衬底的表面上。

用 CMP (化学机械抛光) 设备将分离出来的第二衬底的分离表面抛

光掉大约 300nm，以便清除离子注入和分离工艺中形成的损伤层，并进行整平。

用上述工艺，在氧化硅膜上制作了带有 0.2 μ m 厚单晶硅层的 SOI 衬底。在整个表面的 100 个点上测量了单晶硅层的厚度。此厚度为 201 $\pm$ 4nm。

在 1100℃ 下于氢气中对得到的结构进行 1 小时的热处理，并用原子力显微镜评估表面粗糙度。在 50 μ m 见方区域内的均方粗糙度约为 0.3nm。这几乎等于市售硅片的粗糙度。

在此例子中，单晶硅衬底（第一衬底）的表面区经由离子注入形成的分离层而被转移到第二衬底。作为变通，也可以采用外延晶片。用离子注入方法在外延层的下部制作分离层，并借助于在分离层处分离此衬底而将外延层转移到第二衬底。

在上述例子中，在用离子注入方法制作分离层之后，可以清除掉第一衬底表面上的 SiO₂ 层。在制作外延层和 SiO₂ 层之后，第一衬底被键合到第二衬底，并在分离层处将衬底分离，从而将外延层和 SiO₂ 层转移到第二衬底。

即使图 3 所示的分离装置 100 被用作分离装置，也得到与上述相同的效果。

即使采用图 14 所示的分离装置 200。也制造了满意的衬底。

（例 4）

除了分离工艺是在键合衬底叠层的分离区上扫描射流喷嘴的过程中被执行之外，用与例 2 相同的方法制作了 SOI 结构。

用与例 2 相同的方法制作的衬底 101，采用图 3 所示的分离装置来分离。下面描述其细节。

键合衬底叠层 101 被垂直固定在衬底固定部分 108 和 109 之间，同时用衬底固定部分 109 加压。键合衬底叠层 101 和射流喷嘴 112 之间的距离最好是 10-30mm。在此例子中，此距离被设定为 15mm。

在此例子中，根据图 10 所示的控制例来控制射流压力。首先，射流喷嘴 112 被重新配置到从射流喷嘴 112 射出的射流不冲击键合衬底叠层 101 的位置（射流喷嘴 112 可以预先重新配置）。射流介质从高压泵 115

被送到射流喷嘴 112，以便从射流喷嘴 112 射出射流，同时开始射流喷嘴 112 的扫描(区域 Y1)。在区域 Y1 中，射流压力被升高到 500kgf/cm^2 。

在区域 Y2 中，在保持射流压力为 500kgf/cm^2 的情况下，主要分离键合衬底叠层 101 的周边部分。借助于用高压射流分离键合衬底叠层 101 的周边部分，分离力能够有效地施加于键合衬底叠层 101。

在此例子中，区域 Y3 设定成离键合衬底叠层 101 边缘部分 10-90mm，亦即分离开始的部分（称为分离起始位置）。在区域 Y3 中，射流压力设定为 200kgf/cm^2 。借助于将区域 Y3 中的射流压力设定成比较低，可防止损伤键合衬底叠层 101。

同样，在此例子中，区域 Y4 设定成离键合衬底叠层 101 的分离起始位置 90-100mm。在此区域中，射流压力被升高到 400kgf/cm^2 ，以分离尚未分离的部分。当在分离键合衬底叠层 101 中央部分的过程中升高射流压力时，能够将适当的分离力加于键合衬底叠层 101 的内部。因而，能够有效地分离键合衬底叠层 101 而不会引起损伤。

在区域 Y5 中，射流压力被逐渐降低。

即使图 13 所示的分离装置 400 被用作分离装置，也得到与上述相同的效果。

即使采用图 14 所示的分离装置 200。也制造了满意的衬底。

(例 5)

除了射流压力根据图 11 所示的控制例而被控制之外，此例子与例 4 相同。

用与例 2 相同的方法制作的键合衬底叠层 101 被垂直地支持在衬底固定部分 108 和 109 之间，同时用衬底固定部分 109 加压。键合衬底叠层 101 和射流喷嘴 112 之间的距离最好是 10-30mm。在此例子中，此距离被设定为 15mm。

在此例子中，根据图 11 所示的控制例来控制射流压力。首先，射流喷嘴 112 被重新配置到从射流喷嘴 112 射出的射流不冲击键合衬底叠层 101 的位置（射流喷嘴 112 可以预先重新配置）。射流介质从高压泵 115 被送到射流喷嘴 112，以便从射流喷嘴 112 射出射流，同时开始射流喷嘴 112 的扫描(区域 Y1)。在区域 Y1 中，射流压力被升高到 500kgf/cm^2 。

在区域 Y2 中, 在保持射流压力为 500kgf/cm^2 的情况下, 主要分离键合衬底叠层 101 的周边部分。借助于用高压射流分离键合衬底叠层 101 的周边部分, 分离力能够有效地施加于键合衬底叠层 101。

在此例子中, 区域 Y3 设定成离键合衬底叠层 101 的分离起始位置 10-60mm。在区域 Y3 中, 在将射流压力从 500kgf/cm^2 降低到 200kgf/cm^2 的过程中执行分离工艺。借助于在区域 Y3 中逐渐降低射流压力的过程中分离键合衬底叠层, 可防止损伤叠层。

在此例子中, 区域 Y4 设定成离分离起始位置 60-90mm., 而分离工艺在逐渐将射流压力升高到 400kgf/cm^2 的过程中执行。在区域 Y4 中逐渐升高射流压力的理由如下。随着分离区越来越靠近键合衬底叠层 101 的中央部分, 注入到键合衬底叠层 101 的射流介质的冒出路径变长, 因此, 作用在键合衬底叠层 101 内部的分离力减弱。为了有效地执行分离工艺, 分离力必须得到补偿。

在此例子中, 区域 Y5 设定成离键合衬底叠层 101 的分离起始位置 90-100mm。在此区域中, 在将射流压力升高到 400kgf/cm^2 的过程中, 尚未被分离的部分被分离。当在分离键合衬底叠层 101 的中央部分的过程中升高射流压力时, 能够将适当的分离力加于键合衬底叠层 101 的内部。因此, 能够有效地分离键合衬底叠层 101 而不会引起损伤。

在区域 Y6 中, 射流压力被逐渐降低。

即使图 13 所示的分离装置 400 被用作分离装置, 也得到与上述相同的效果。

即使采用图 14 所示的分离装置 200。也制造了满意的衬底。

如上所述, 借助于根据分离工艺的进展而恰当地改变射流压力, 在有效地执行分离工艺的同时, 能够防止被分离的物体受到损伤。

根据此装置或方法, 能够以高的成品率制造高质量的半导体衬底。

根据本发明, 能够高效率地分离和分裂物体。

此外, 根据本发明, 能够制造满意的半导体衬底。

本发明不局限于上述各个实施例, 而是可在本发明的构思与范围内作出各种改变和修正。因此, 提出下列权利要求以宣告本发明的范围。

图 1A

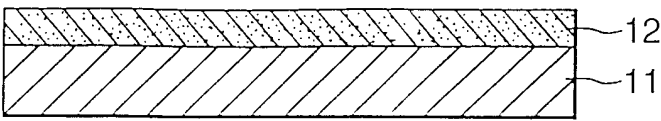


图 1B

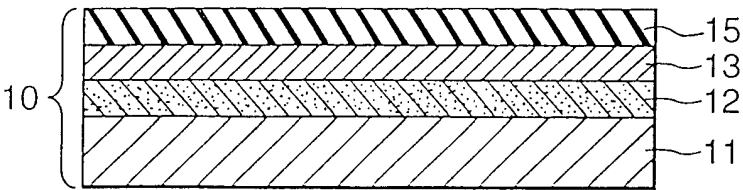


图 1C

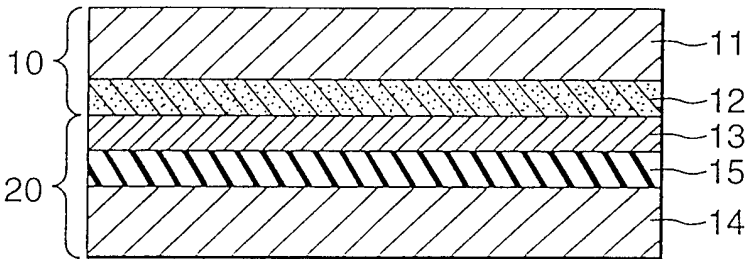


图 1D

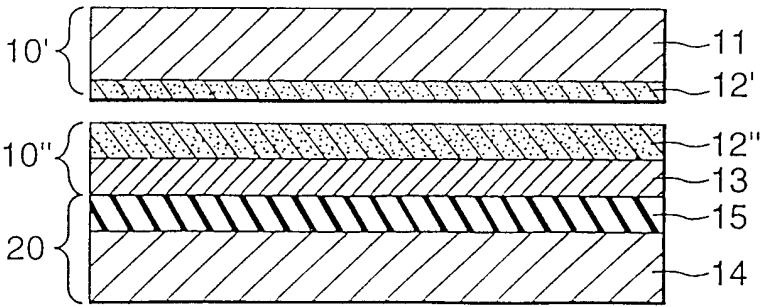
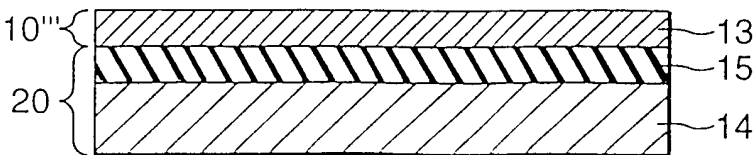
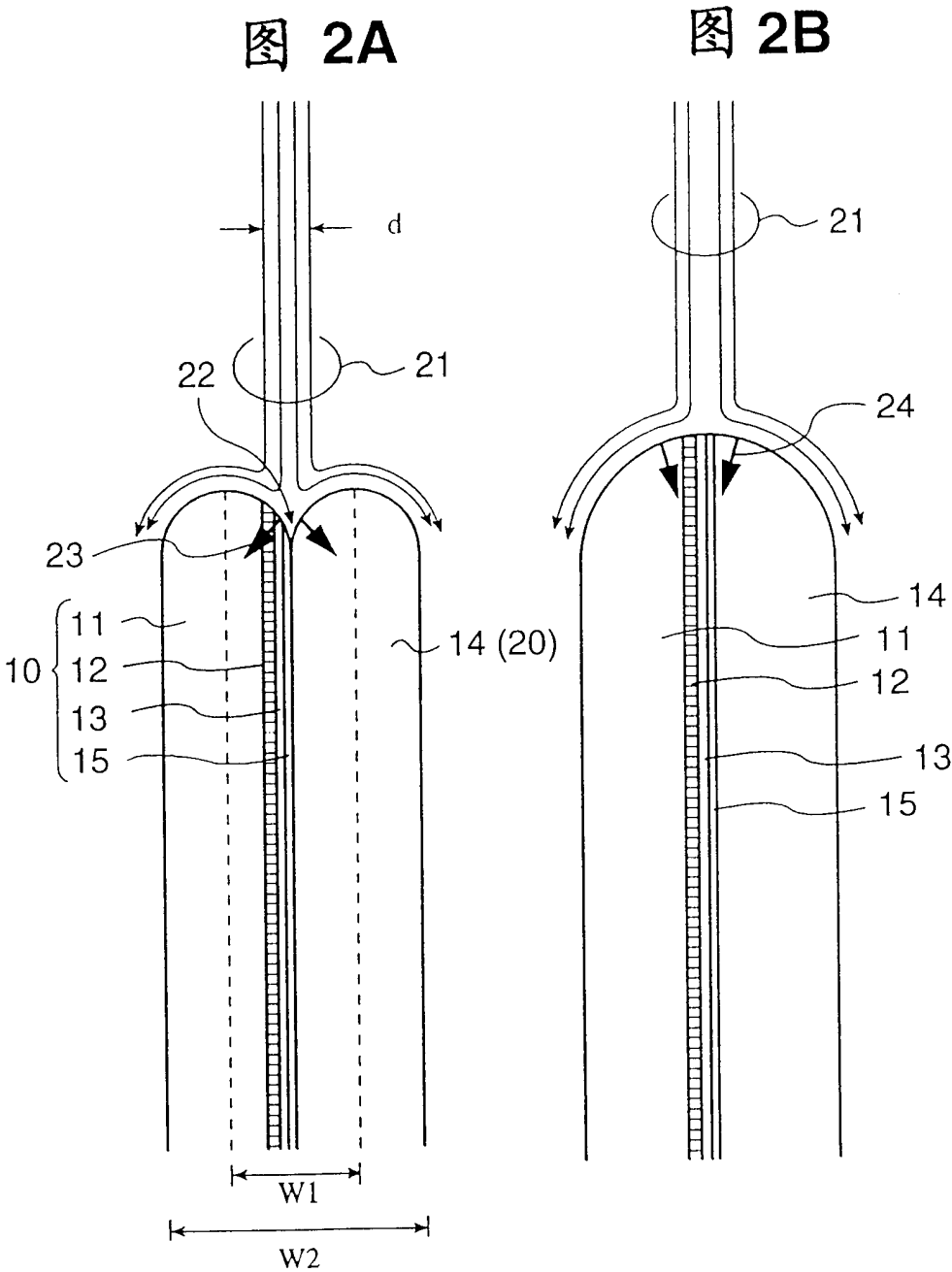
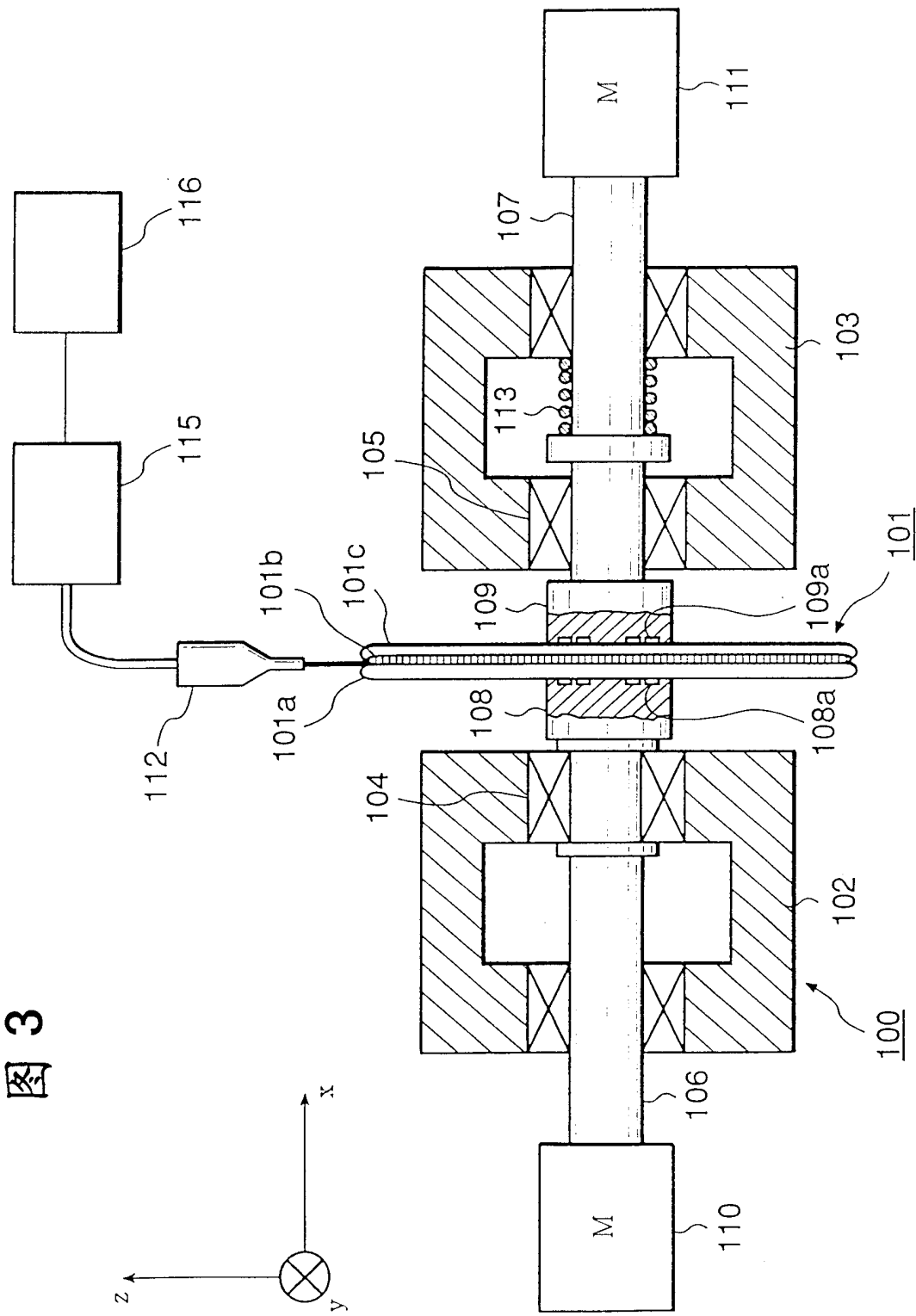
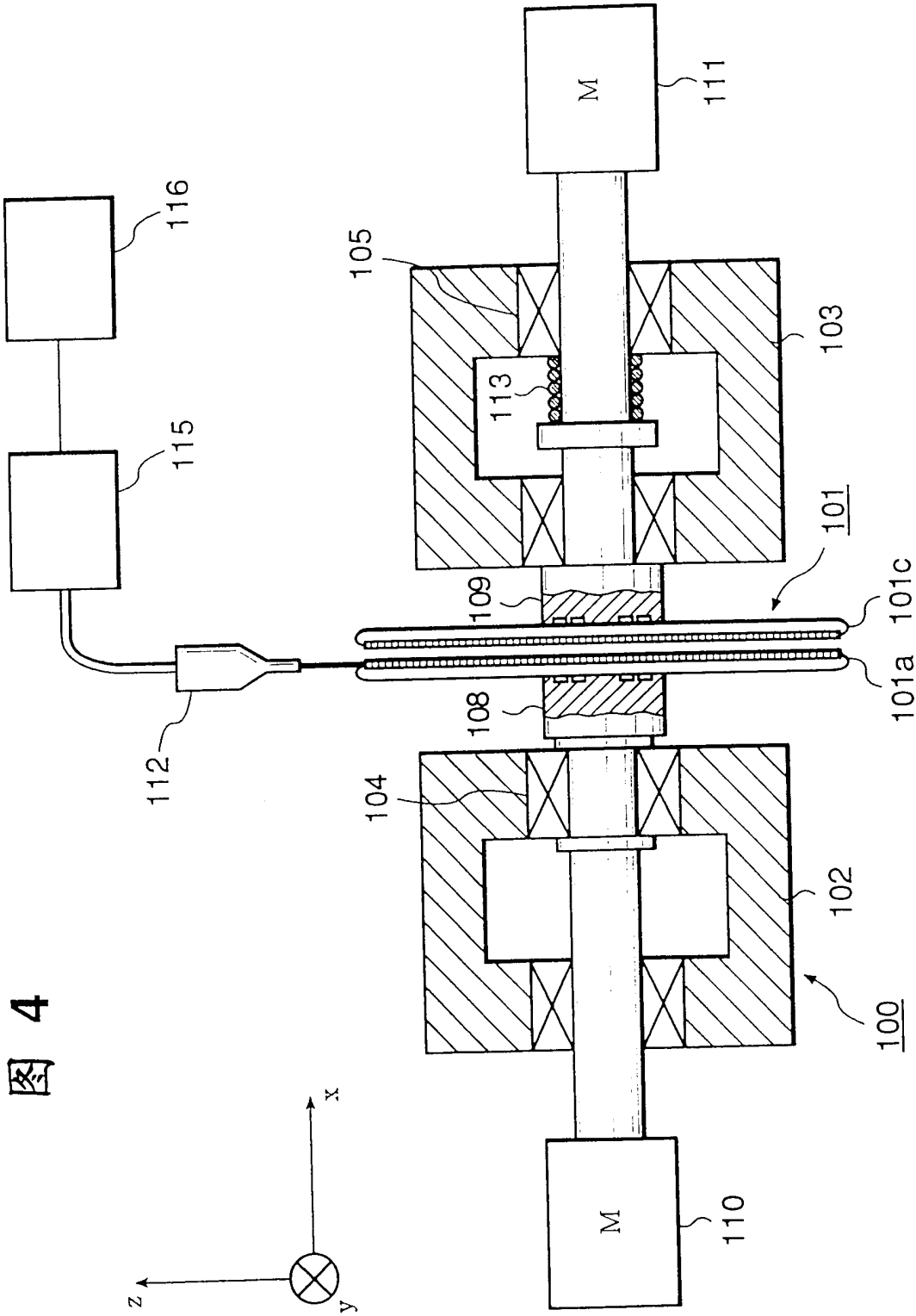


图 1E









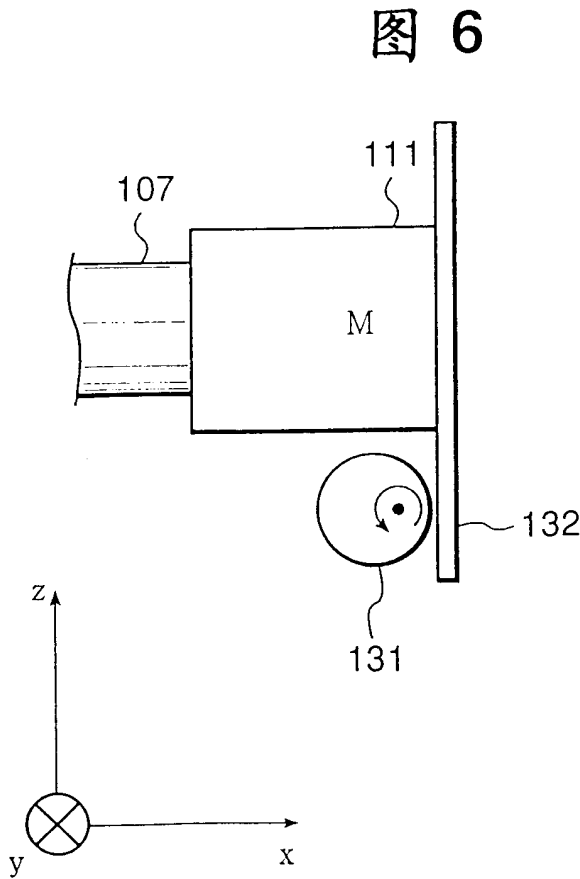
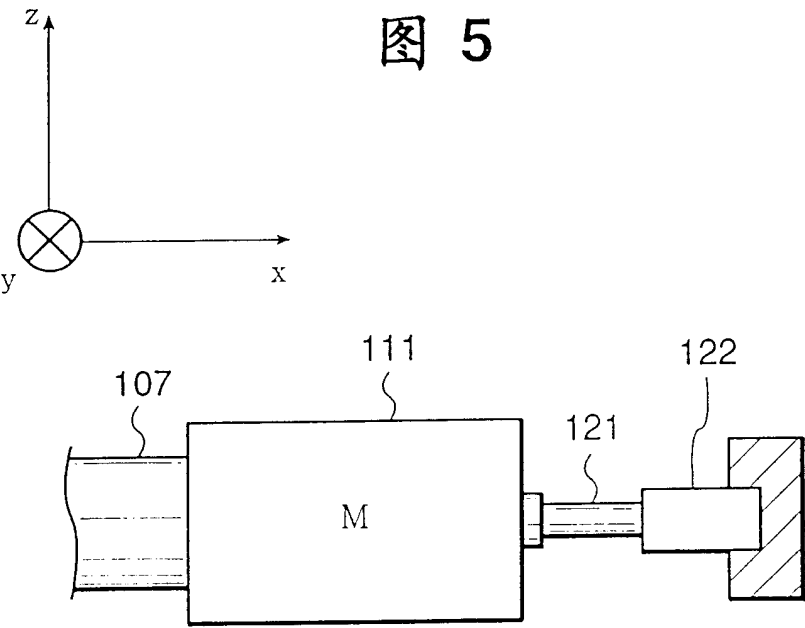


图 7

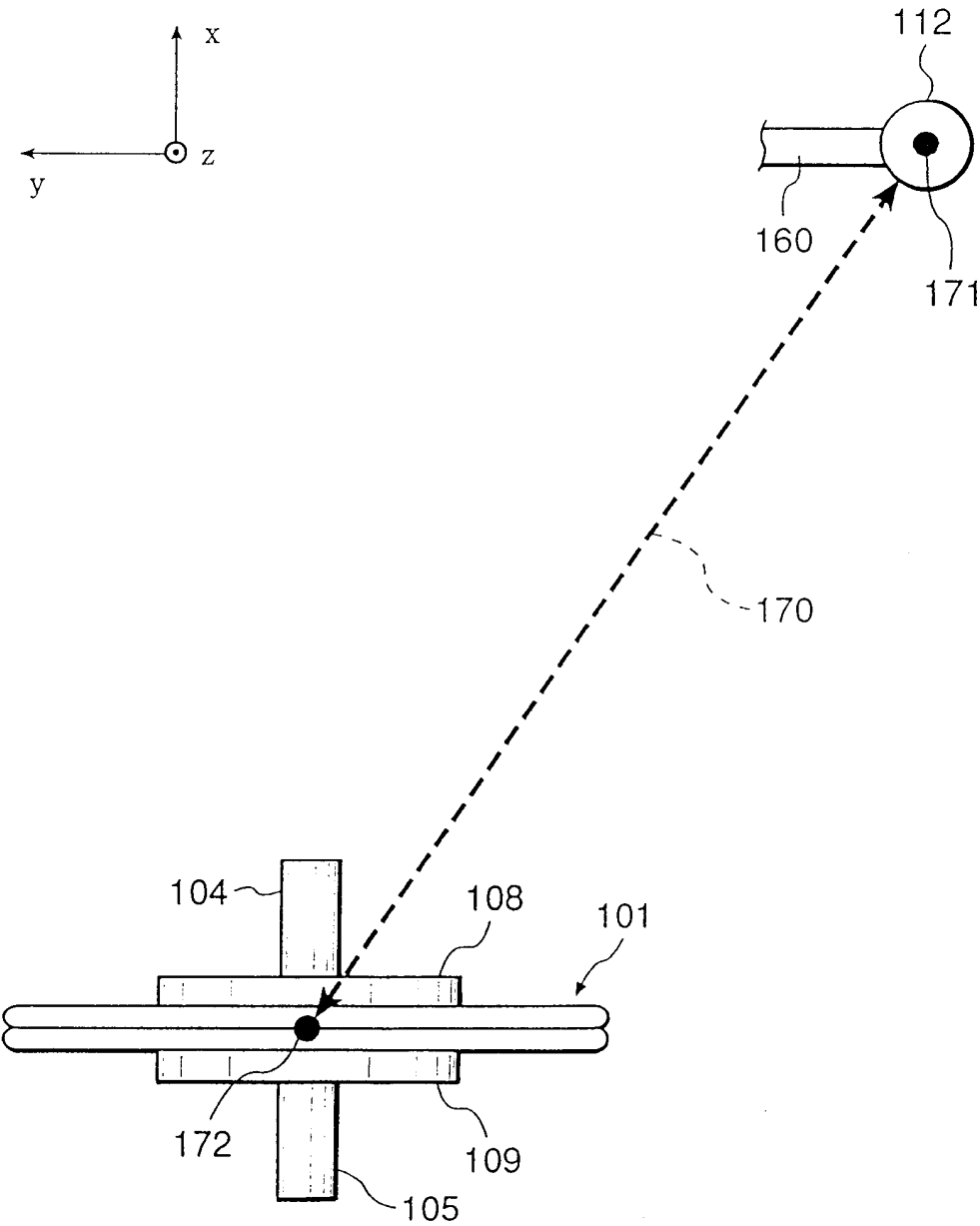


图 8

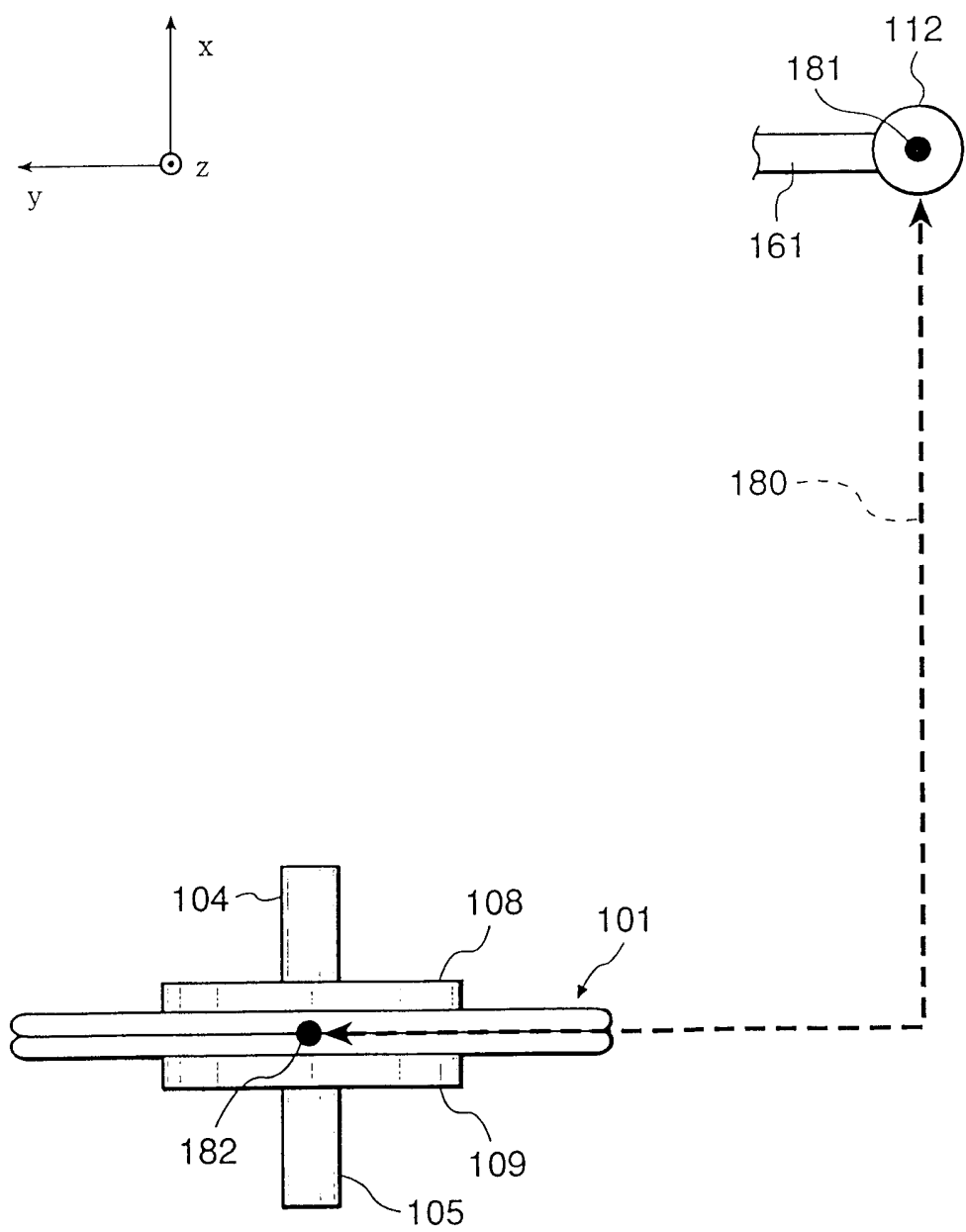


图 9

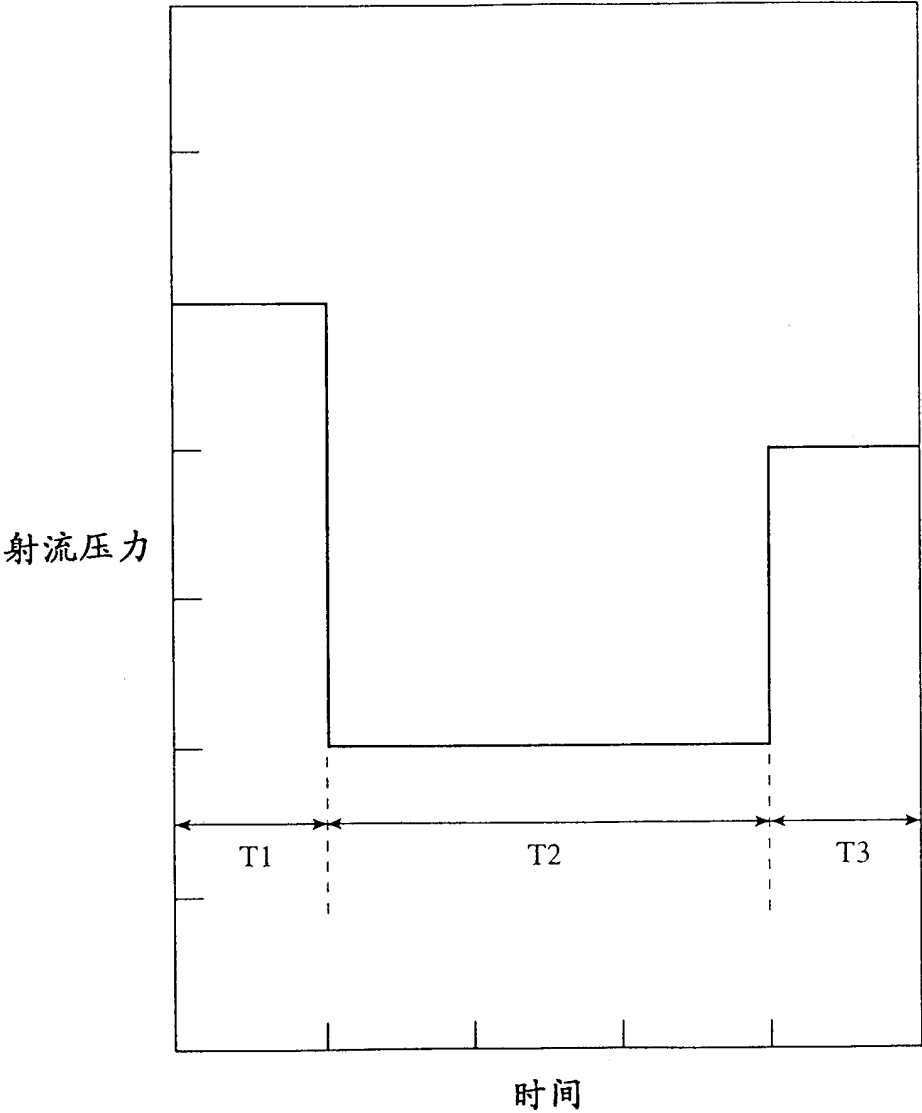


图 10

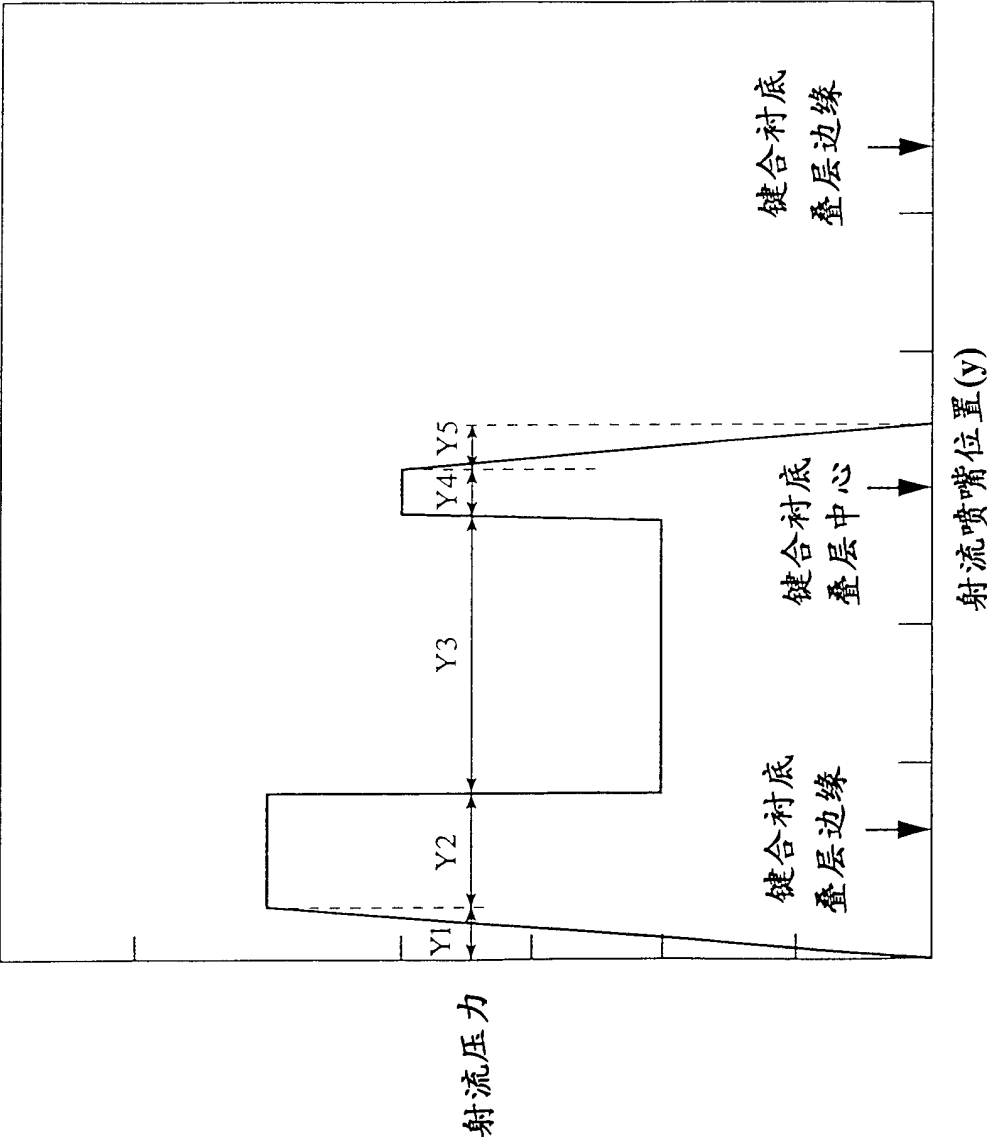


图 11

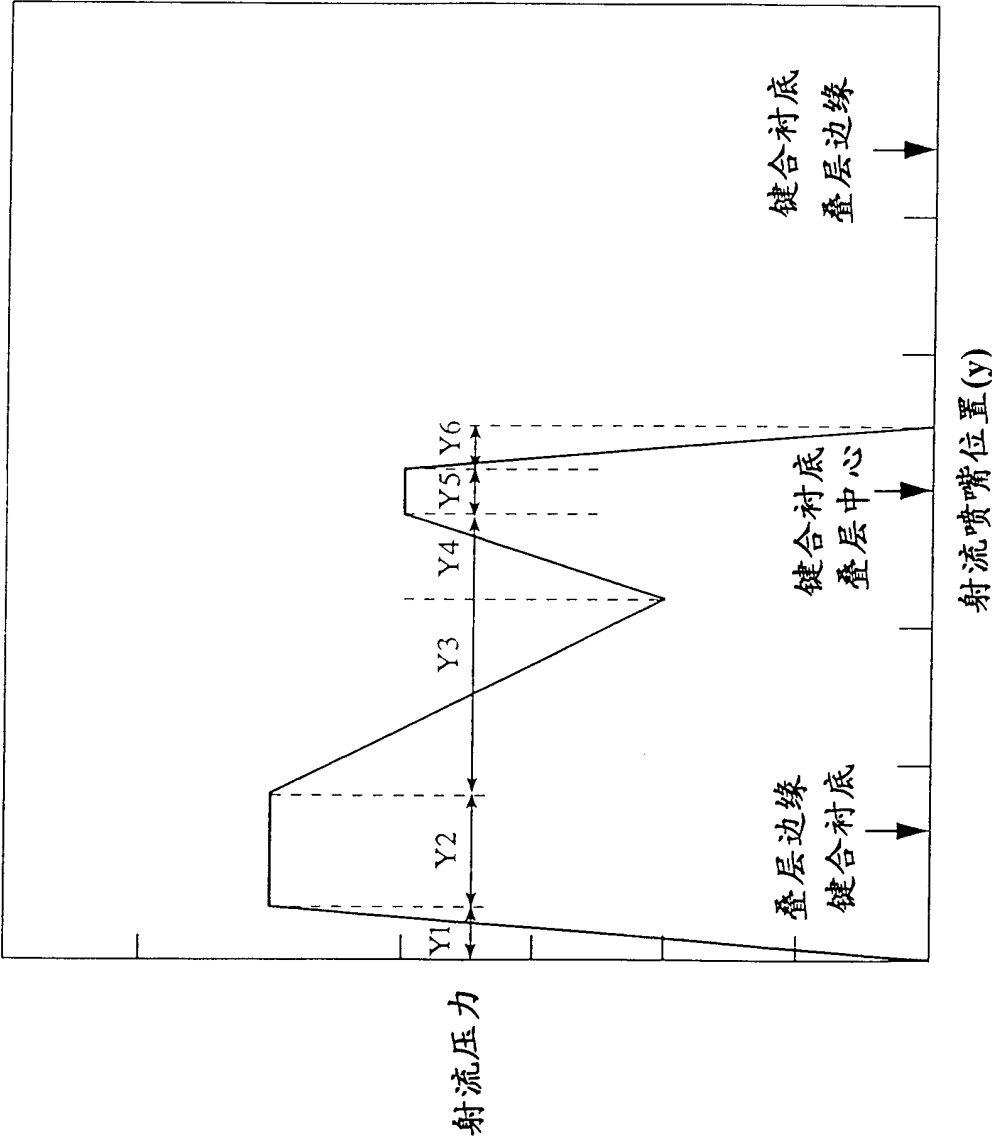


图 12

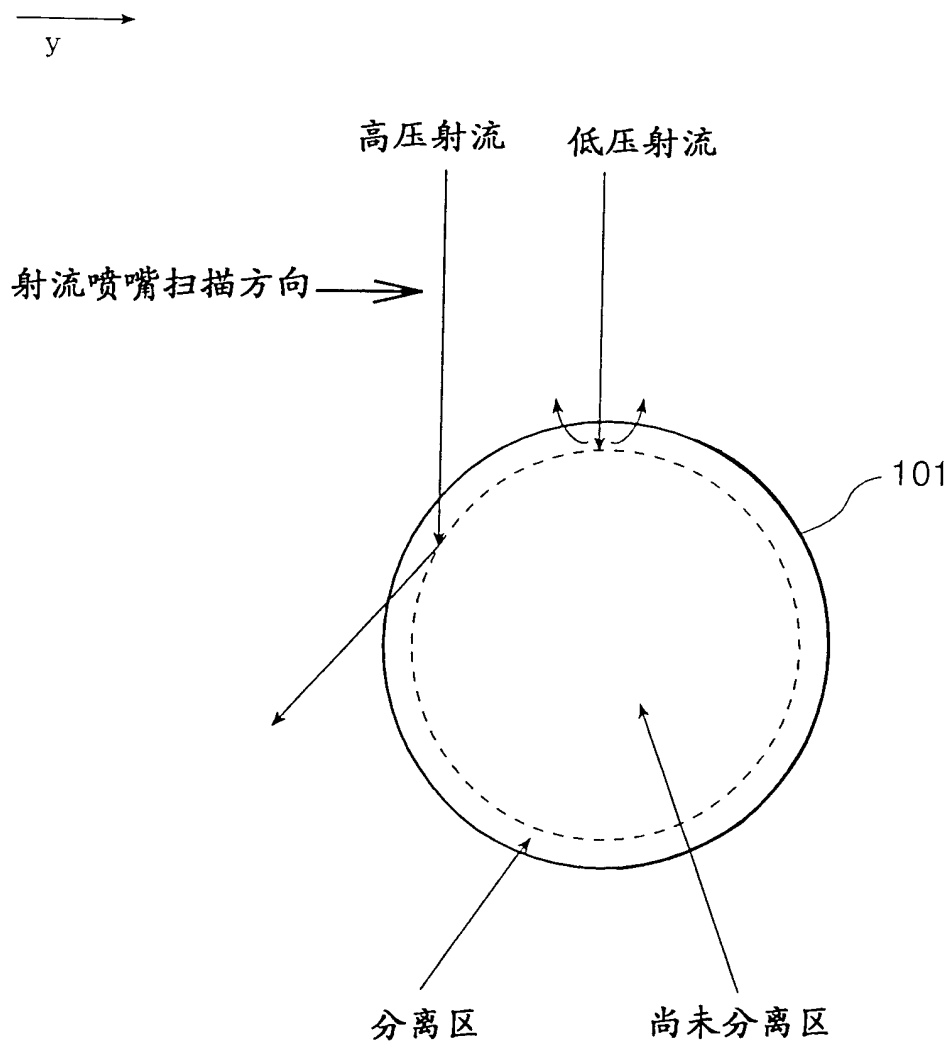


图 13

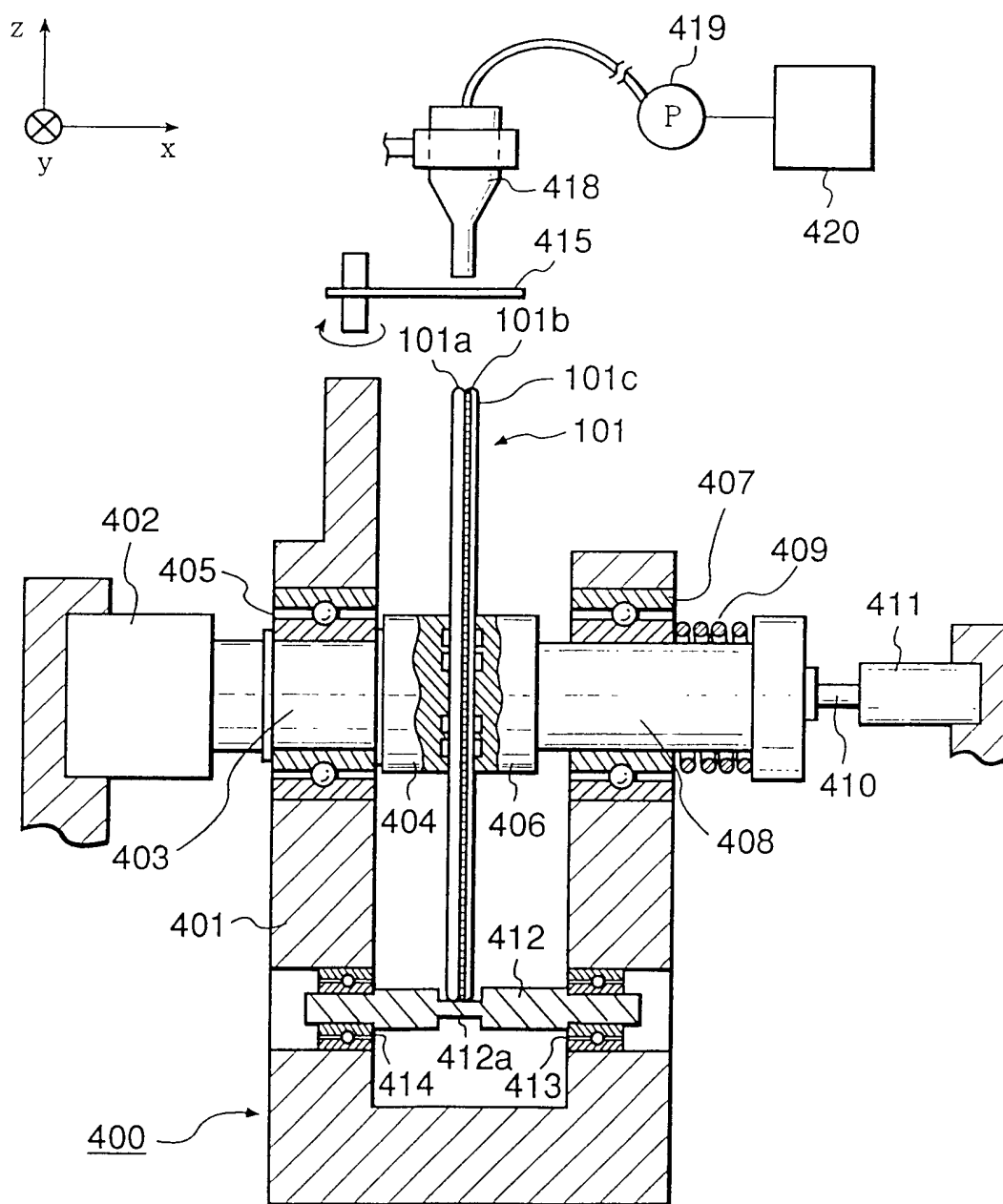


图 14

