

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[ 51 ] Int. Cl<sup>7</sup>  
H01L 21/306  
H01L 21/302 H01L 21/304  
C23F 1/24 B08B 3/12



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 98125516.7

[45] 授权公告日 2004 年 5 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1149645C

[22] 申请日 1998. 12. 25 [21] 申请号 98125516. 7  
[30] 优先权  
[32] 1998. 1. 14 [33] JP [31] 005812/1998  
[71] 专利权人 佳能株式会社  
地址 日本东京都  
[72] 发明人 坂口清文 柳田一隆  
审查员 闫立刚

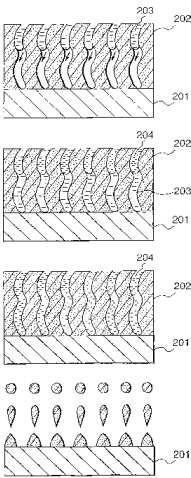
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利  
商标事务所  
代理人 王以平

权利要求书 5 页 说明书 26 页 附图 14 页

[54] 发明名称 多孔区的去除方法和半导体衬底的  
制造方法

[57] 摘要

提供一种多孔区的去除方法和半导体衬底的制造方法。 该去除方法可保证去除多孔层后的底层平整度，包括：第一步，把预处理液(如水)注入多孔层；第二步，用腐蚀剂(如氢氟酸)代替填充多孔层的预处理液，并用腐蚀剂腐蚀多孔层。 通过这种方法，可以缩短将腐蚀剂注入多孔层的方法，从而减小了腐蚀进展的差别。



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

1. 一种多孔区的去除方法，该方法用于从具有多孔区的衬底上去除多孔区，包括如下步骤：

5        第一步，把对多孔材料无腐蚀作用或腐蚀作用弱的第一处理液注入多孔区；以及

      第二步，在多孔区已注有第一处理液的条件下，用第二处理液取代注入多孔区的第一处理液，并用第二处理液腐蚀多孔区，该第二处理液对多孔材料的腐蚀作用比第一处理液强，

10       其中：在执行第二步的全部时间的至少一部分时间内对衬底施加超声波。

      2. 如权利要求1所述的方法，其中：  
      要处理的所述衬底主要由单晶硅组成。

15       3. 如权利要求1所述的方法，其中：  
      所述多孔区主要由硅组成。

      4. 如权利要求1所述的方法，其中：  
      所述多孔区是通过对由单晶硅组成的衬底进行阳极化处理得到的。

20       5. 如权利要求1所述的方法，其中：  
      所述第一处理液使多孔区的孔壁从化学的角度上发生变化，而第二处理液不仅对多孔材料有腐蚀作用而且对从化学的角度上发生变化的物质也有腐蚀作用。

      6. 如权利要求5所述的方法，其中：  
      所述第一处理液对多孔区的孔壁有氧化作用。

25       7. 如权利要求1所述的方法，其中：  
      所述第一处理液是水。

      8. 如权利要求2所述的方法，其中：  
      所述第一处理液包含从包括乙醇、过氧化氢、硝酸和盐酸的组中选出的材料。

9. 如权利要求 4 所述的方法, 其中:

所述第二处理液包含氢氟酸。

10. 如权利要求 4 所述的方法, 其中:

所述第二处理液是从包括下列物质的组中选出的一种材料:

5 (a)向氢氟酸中加入乙醇或过氧化氢的至少二者之一得到的混和溶液,

(b)氢氟酸和硝酸的混和溶液, 以及

(c)氢氟酸、硝酸和乙酸的混和溶液。

11. 如权利要求 1 所述的方法, 其中:

10 在执行第一步时的全部时间的至少一部分时间内对衬底施加超声波。

12. 如权利要求 1 所述的方法, 其中:

所述第一步包括对衬底施加超声波。

13. 如权利要求 1 所述的方法, 其中:

15 在执行第二步时的全部时间内, 至少在用第二处理液取代填充多孔区的第一处理液的时间内对衬底施加超声波。

14. 如权利要求 1 所述的方法, 其中:

所述第二步包括如下步骤:

在不对衬底施加超声波的情况下腐蚀多孔区; 以及

20 在对衬底施加超声波的同时腐蚀衬底上的残余多孔区, 由此去除多孔区。

15. 如权利要求 1 所述的方法, 其中:

所述第二步包括如下步骤:

25 在对衬底施加超声波的同时, 用第二处理液取代填充多孔区的第一处理液。

在不对衬底施加超声波的情况下腐蚀多孔区; 以及

在对衬底施加超声波的同时, 腐蚀衬底上的残余多孔区, 由此去除多孔区。

16. 如权利要求 1 所述的方法, 在第二步之后还包括:

第三步, 去除衬底上的残余多孔区。

17. 如权利要求 16 所述的方法, 其中:

所述第三步包括用腐蚀剂去除衬底上的残余多孔区。

18. 如权利要求 17 所述的方法, 其中:

5 所述第三步包括在对衬底施加超声波的同时用腐蚀剂去除衬底上的残余多孔区。

19. 如权利要求 17 所述的方法, 其中:

把要处理的衬底浸入同一腐蚀剂中进行所述第二步和第三步。

20. 如权利要求 17 所述的方法, 其中:

10 所述第三步包括用对多孔材料的腐蚀速度高于第二处理液的第三处理液去除衬底上的残余多孔区。

21. 如权利要求 16 所述的方法, 其中:

所述第三步包括用高压流体去除衬底上的残余多孔区。

22. 如权利要求 16 所述的方法, 其中:

15 所述第三步包括用抛光法去除衬底上的残余多孔区。

23. 如权利要求 16 所述的方法, 其中:

所述第三步包括用擦洗法去除衬底上的残余多孔区。

24. 如权利要求 11 所述的方法, 其中:

20 在对衬底施加超声波的同时进行衬底处理时, 改变衬底和超声波源之间的相对位置关系。

25. 如权利要求 24 所述的方法, 其中:

在对衬底施加超声波的同时进行衬底处理时, 使衬底在处理液中摆动。

26. 如权利要求 24 所述的方法, 其中:

25 在对衬底施加超声波的同时进行衬底处理时, 衬底和超声波源中至少有一个的位置在平行于或垂直于超声波振动面的方向上变化。

27. 如权利要求 18 所述的方法, 其中:

在对衬底施加超声波的同时进行衬底处理时, 改变衬底和超声波源之间的相对位置关系。

28. 如权利要求 27 所述的方法, 其中:

在对衬底施加超声波的同时进行衬底处理时, 使衬底在处理液中摆动。

29. 如权利要求 27 所述的方法, 其中:

5 在对衬底施加超声波的同时进行衬底处理时, 衬底和超声波源中至少其中之一的位置在平行于或垂直于超声波振动面的方向上变化。

30. 如权利要求 11 所述的方法, 其中:

所述第一和/或第二步包括改变衬底和超声波源之间的相对位置关系。

10 31. 如权利要求 18 所述的方法, 其中:

从第一步到第三步的全部或部分步骤包括改变衬底和超声波源之间的相对位置关系。

32. 如权利要求 1 所述的方法, 其中:

15 所述第一和/或第二步包括使处理液循环以在衬底附近造成处理液的流动。

33. 如权利要求 16 所述的方法, 其中:

从第一步到第三步的全部或部分步骤中包括使处理液循环以在衬底附近造成处理液的流动。

34. 如权利要求 11 所述的方法, 其中:

20 通过启动或停止超声波源控制对衬底的超声波供应。

35. 如权利要求 11 所述的方法, 其中:

通过在超声波源和衬底之间插入超声波屏蔽板控制对衬底的超声波供应。

36. 如权利要求 18 所述的方法, 其中:

25 通过启动或停止超声波源控制对衬底的超声波供应。

37. 如权利要求 18 所述的方法, 其中:

通过在超声波源和衬底之间插入超声波屏蔽板控制对衬底的超声波供应。

38. 一种半导体衬底的制造方法, 包括下列步骤:

在第一衬底上形成多孔层和至少一层无孔层;  
把第二衬底粘合在第一衬底的无孔层一侧上;  
从粘合的层叠衬底上去除第一衬底以使第二衬底表面上的多孔层  
暴露出来; 以及

5 用权利要求 1 所述的多孔区去除方法去除第二衬底上的多孔层。

39. 如权利要求 38 所述的方法, 其中:

所述使多孔层暴露的步骤包括从粘合的第一衬底的下表面一侧研磨、抛光或腐蚀第一衬底, 以使第二衬底表面上的多孔层暴露出来。

40. 如权利要求 38 所述的方法, 其中:

10 所述使多孔层暴露的步骤包括沿多孔层将粘合的层叠衬底分开, 以使第二衬底表面上的多孔层暴露出来。

41. 如权利要求 38 所述的方法, 其中:

所述无孔层包括单晶硅层。

42. 如权利要求 38 所述的方法, 其中:

15 所述无孔层包括单晶硅层和氧化硅层。

43. 如权利要求 41 所述的方法, 其中:

所述单晶硅层是在第一衬底的多孔层上外延生长的层。

44. 如权利要求 38 所述的方法, 其中:

所述无孔层包括单晶化合物半导体层。

20 45. 如权利要求 38 所述的方法, 其中:

所述第二衬底主要由硅组成。

46. 如权利要求 38 所述的方法, 其中:

所述第二衬底在其与第一衬底粘合的表面上具有氧化硅层。

47. 如权利要求 38 所述的方法, 其中:

25 所述第二衬底是透明衬底。

## 多孔区的去除方法和半导体衬底的制造方法

### 技术领域

- 5 本发明涉及多孔区的去除方法和半导体衬底的制造方法,更具体地,涉及从具有多孔区的衬底上去除多孔区的方法、应用该方法的半导体衬底制造方法以及去除多孔区的设备。

### 背景技术

- 10 已存在以下 SOI 衬底的制造方法,先在第一衬底上形成多孔层和单晶硅层,将第一衬底与独立地制备的第二衬底粘合起来,然后在多孔硅层将粘合的叠层衬底分成两个衬底,以使得在第一衬底的侧面上形成的单晶硅层被转移到第二衬底上。

- 15 在该方法中,在粘合的叠层衬底被分成两个衬底后,除去第二衬底表面上的残余多孔硅层。在除去多孔硅时,最好不要使下面的第二衬底表面的平整度,更具体地,作为第二衬底表面层的单晶硅层的膜厚均匀性受到妨害。

### 发明内容

本发明的提出考虑了上述情况,其目的在于提供能够保证底层平整度的多孔区去除方法和利用该方法的半导体衬底制造方法。

- 20 根据本发明,提供一种多孔区的去除方法,该方法用于从具有多孔区的衬底上去除多孔区,包括如下步骤:第一步,把对多孔材料无腐蚀作用或腐蚀作用弱的第一处理液注入多孔区;以及第二步,在多孔区已注有第一处理液的条件下,用第二处理液取代注入多孔区的第一处理液,并用第二处理液腐蚀多孔区,该第二处理液对多孔材料的腐蚀作用比第  
25 一步处理液强,其中:在执行第二步的全部时间的至少一部分时间内对衬底施加超声波。

在多孔区去除方法中,优选地,要处理的衬底主要由单晶硅组成。

在多孔区去除方法中,优选地,多孔区主要由硅组成。

在多孔区去除方法中,优选地,多孔区是通过对由单晶硅组成的衬

底进行阳极化处理得到的。

在多孔区去除方法中,优选地,第一处理液使多孔区从化学的角度上发生变化,而第二处理液不仅对多孔材料有腐蚀作用而且对从化学的角度上发生变化的物质有腐蚀作用。

- 5 在多孔区去除方法中,优选地,第一处理液对多孔区的孔壁有氧化作用。

在多孔区去除方法中,优选地,第一处理液是水。

在多孔区去除方法中,优选地,第一处理液包含从包括乙醇、过氧化氢、硝酸和盐酸的组中选出的一种材料。

- 10 在多孔区去除方法中,优选地,第二处理液包含氢氟酸。

在多孔区去除方法中,优选地,第二处理液是从包括下列物质的组中选出的材料:(a) 向氢氟酸中加入乙醇或过氧化氢的至少二者之一得到的混和溶液;(b) 氢氟酸和硝酸的混合溶液;以及(c) 氢氟酸、硝酸和乙酸的混合溶液。

- 15 在多孔区去除方法中,优选地,在执行第一和第二步的全部时间的至少一部分时间内对衬底施加超声波。

在多孔区去除方法中,优选地,第一步包括对衬底施加超声波。

- 20 在多孔区去除方法中,优选地,在执行第二步的全部时间内,至少在用第二处理液取代填充多孔区的第一处理液的时间内对衬底施加超声波。

在多孔区去除方法中,优选地,第二步包括如下步骤:在不对衬底施加超声波的情况下腐蚀多孔区直至其孔壁不厚于预定厚度,以及在对衬底施加超声波的同时腐蚀衬底上的残余多孔区,由此去除多孔层。

- 25 在多孔区去除方法中,优选地,第二步包括如下:在对衬底施加超声波的同时用第二处理液取代填充多孔区的第一处理液;在不对衬底施加超声波的情况下腐蚀多孔区直至其孔壁不厚于预定厚度;以及在对衬底施加超声波的同时腐蚀衬底上的残余多孔区,由此去除多孔区。

在多孔区去除方法中,优选地,在第二步之后还包括第三步,去除衬底上的残余多孔区。

- 30 在多孔区去除方法中,优选地,第三步包括用腐蚀剂去除衬底上的

残余多孔区。

在多孔区去除方法中，优选地，第三步包括在对衬底施加超声波的同时用腐蚀剂去除衬底上的残余多孔区。

5 在多孔区去除方法中，优选地，在执行第二步时和第三步时把要被处理的衬底浸入同一腐蚀剂中。

在多孔区去除方法中，优选地，第三步包括用对多孔材料的腐蚀速度高于第一和第二处理液的第三处理液去除衬底上的残余多孔区。

在多孔区去除方法中，优选地，第三步包括用高压流体去除衬底上的残余多孔区。

10 在多孔区去除方法中，优选地，第三步包括用抛光法去除衬底上的残余多孔区。

在多孔区去除方法中，优选地，第三步包括用擦洗法去除衬底上的残余多孔区。

15 在多孔区去除方法中，优选地，在对衬底施加超声法的同时进行衬底处理时，改变衬底和超声波源的相对位置关系。

在多孔区去除方法中，优选地，在对衬底施加超声波的同时进行衬底处理时，衬底在处理液中摆动。

20 在多孔区去除方法中，优选地，在对衬底施加超声波的同时进行衬底处理时，衬底和超声波源中的至少一个的位置在基本平行于或垂直于超声波振动面的方向上变化。

在多孔区去除方法中，优选地，第一步和/或第二步包括改变衬底和超声波源之间的相对位置关系。

在多孔区去除方法中，优选地，从第一步到第三步的全部或部分步骤包括改变衬底和超声波源之间的相对位置关系。

25 在多孔区去除方法中，优选地，第一步和/或第二步包括使处理液循环以在衬底附近造成处理液的流动。

在多孔区去除方法中，优选地，从第一步到第三步的全部或部分步骤中包括使处理液循环以在衬底附近造成处理液的流动。

30 在多孔区去除方法中，优选地，通过启动或停止超声波源控制对衬底的超声波供应。

在多孔区去除方法中，优选地，通过在超声波源和衬底之间插入超声波屏蔽板控制对衬底的超声波供应。

5 根据本发明，还提供一种半导体衬底的制造方法，其特征在于包括下列步骤：在第一衬底上形成多孔层和至少一层无孔层；把第二衬底粘合在第一衬底的无孔区上；从粘合的层叠衬底上去除第一衬底，使在第二衬底表面上的多孔层暴露出来；以及用上述多孔区去除方法去除第二衬底上的多孔层。

10 在半导体衬底的制造方法中，优选地，使多孔层暴露的步骤包括从粘合的第一衬底的下表面一侧研磨、抛光或腐蚀第一衬底，以使在第二衬底表面上的多孔层暴露出来。

在半导体衬底的制造方法中，优选地，使多孔层暴露的步骤包括沿多孔层将粘合的层叠衬底分开，以使在第二衬底表面上的多孔层暴露出来。

在半导体衬底的制造方法中，优选地，无孔层由单晶硅层组成。

15 在半导体衬底的制造方法中，优选地，无孔层包括单晶硅层和氧化硅层。

在半导体衬底的制造方法中，优选地，单晶硅层是在第一衬底的多孔层上外延生长的层。

在半导体衬底的制造方法中，优选地，无孔层包括单晶化合物半导体层。

20 在半导体衬底的制造方法中，优选地，第二衬底主要由硅组成。

在半导体衬底的制造方法中，优选地，第二衬底在其与第一衬底粘合的表面上具有氧化硅层。

在半导体衬底的制造方法中，优选地第二衬底是透明衬底。

25 根据本发明，还提供一种用于从具有多孔区的衬底上去除多孔区的多孔区去除设备，其特征在于包括：执行第一步即把对多孔材料无腐蚀作用或腐蚀作用弱的第一处理液注入多孔区的装置；和执行第二步即用对多孔材料有腐蚀作用的第二处理液取代填充多孔材料的第一处理液以腐蚀多孔区的装置。

在如下的结合附图的详述中，本发明的目的、特征和优点将更加明晰。

30 附图说明

图 1A ~ 1D 是解释根据本发明的一个优选实施方案的多孔后去除方法的原理图;

图 2A ~ 2C 示出根据多孔层去除方法的第一应用例的制造方法;

图 3A ~ 3F 示出根据本发明另一优选实施方案的半导体衬底制造方法;

5 图 4 是示出晶片处理设备的第一装置的立体图;

图 5 是示出晶片处理设备的第二装置的立体图;

图 6 是示出晶片处理设备的第三装置的立体图;

图 7A ~ 7E 示出图 6 所示晶片处理设备的操作;

图 8 是图 6 所示晶片处理设备的摆动支承部件的立体图;

10 图 9 是示出晶片处理设备的第四装置的立体图;

图 10 是示出晶片处理设备的第五装置的立体图;

图 11A 和 11B 示出图 6 或图 8 所示晶片处理设备的变形;

图 12A ~ 12C 示出晶片处理设备的第七装置;

图 13 也示出晶片处理设备的第七装置。

## 15 具体实施方式

本发明适用于制造 SOI 衬底的方法: 先在第一衬底上形成多孔层和单晶硅层, 将第一衬底和分离准备的第二衬底粘合起来, 然后在多孔硅层将粘合的层叠衬层分成两个衬底, 以使得第一衬底上形成的单晶硅层被转移到第二衬底上, 再除去第二衬底表面上的残余多孔层, 由此得到  
20 SOI 结构。

单晶硅衬底可以用作第一衬底。这时, 多孔层就是多孔硅层。在多孔硅层上, 可以外延生长作为无孔层的单晶硅层。在单晶硅层上可以形成绝缘层如  $\text{SiO}_2$  层。

在本实施方案中, 在第一衬底上顺序形成多孔层和无孔层, 并将第一衬底与独立制备的第二衬底粘合起来形成粘合的层叠衬底。在把该粘  
25 合层叠衬底在多孔层分离成两个衬底之后, 用例如湿蚀刻法去除残留在第二衬底上的多孔层。

更具体地, 在本实施方案中, 为了在衬底分离后去除第二衬底上的残留的多孔层, 向多孔层的孔中注入不腐蚀孔材料的溶液或对孔材料腐  
30 蚀速度低的溶液(下文称作预处理液)。在多孔层的孔被预处理液的孔

有效地充满后，用对孔材料有腐蚀作用的腐蚀剂代替预处理液，用该腐蚀剂蚀掉多孔层的孔壁。

根据本方法，将腐蚀剂注入到多孔层的每个孔最深部位的时间（下文称作注液时间）可被缩短，因此，孔的注液时间可基本上相同。由此，  
5 可以减小第二衬底的表面尺寸差或去除多孔层后衬底之间的尺寸差，所以可以制造其表层膜厚高度均匀的高质量衬底（如 SOI 衬底）。

如果在不注入预处理液的情况下向多孔层的孔中注入腐蚀液，则孔中的空气要被腐蚀液取代，这需要很长的注液时间。从而孔的注液时间差别很大，每个孔的腐蚀进展也差别很大，这种差别会降低批量生产率。

10 在本实施方案中，预处理液优选地采用水。当水用作预处理液时，处理液对取代它的腐蚀液的影响小，可以减少腐蚀液的降解。

当多孔材料是 Si 时，不仅可以用水，也可以采用具有氧化作用的溶液，如过氧化氢、硝酸或盐酸等，腐蚀剂可以采用氢氟酸(fluoric acid)。

图 1A ~ 1D 是解释根据本发明的一个优选实施方案的多孔层去除方法原理的图。其中，标号 201，下面的衬底（第二衬底）； 202，多孔层； 203，预处理液； 204，腐蚀剂。  
15

在图 1A 中，预处理液 203 向多孔层 202 的孔的最深部分注入。此时，优选对被处理的物体（即粘合层叠衬底）施加超声波。施加超声波时，预处理液注入孔中的速度加快。

20 如图 1B 所示，当预处理液 203 液入到多孔层 202 的每个孔的最深处时，用腐蚀液取代预处理液。在本说明书中，“取代”包括下述情况，即腐蚀剂（如氢氟酸） 204 的离子（如氟或氢离子）向预处理液（如水） 203 中扩散以用腐蚀剂 204 填充孔。在执行该步骤时，优选地对被处理的物体施加超声波。通过施加超声波，预处理液 203 可以很快地被腐蚀剂  
25 204 取代。

如上所述，当多孔层 202 的孔被注入预处理液 203 然后预处理液 203 又被腐蚀液 204 取代时，腐蚀剂可以地充满多孔层 202 的孔。因此，可减小注液时间不同造成的腐蚀差别。

在图 1C 中，因腐蚀作用多孔层 202 的孔长大。此时，优选地，停止超声波的供应或减弱超声波的能量，其原因如下。  
30

一旦孔壁到达某一预定厚度，多孔层就开始断裂。由于多孔层在薄的部位先断，在这些部位就会腐蚀下面的衬底 201。这时，很明显会降低衬底 201 的平整度。如果该底层是一层膜，就会损害表面或衬底之间的膜厚均匀性。然而，如上所述，如果在多孔层 202 的孔在长大时停止施加超声波，孔只有在变得比不停止施加超声波时薄得多的时候才会断裂。因此，这时可以防止某些部位的速度腐蚀。

即使在不对被处理物体施加超声波时，腐蚀也是不仅在水平方向（平扳方向）上还在垂直方向上进行。然而，与施加超声波的情况相比，这时对蚀刻的影响可以忽略不计。

在图 1D 中，具有薄孔壁的多孔层 202 被除去。在这一步中不仅可使用蚀刻法，还可采用抛光、擦洗或喷水法。在这一步中，具有腐蚀造成的脆弱结构的多孔层被一次去除。

在图 1D 的步骤中进行腐蚀时，从图 1B 到图 1D 的步骤都可在同一腐蚀池中进行。这时，在图 1C 所示的步骤中超声波的施加被中断，等到多孔层的孔最深处的孔壁薄到可以在全部区域上立即断裂的时候，再重新施加超声波，执行图 1D 的步骤（在施加超声波的时候进行腐蚀）。利用这种工艺，多孔层可以被立即、几乎同时地去除，被处理物的整个区域上的下层衬底 202 就暴露出来。因此，可以减小腐蚀时的差别，下层衬底 201 可以保持高的平整度。

上述多孔层去除方法可以很容易地应用到大量的衬底的批量处理中。对于大量被处理的每一个，在如图 1C 所示的步骤中，当多孔层中深处的孔壁减薄到可以在整个区域上立即断裂时，就执行图 1D 所示的步骤。

在优选地，被处理的全部浸入腐蚀剂时采用该多孔层去除方法。这时，可防止在腐蚀剂和空气界面附近的颗粒粘到被处理物上。

根据该多孔层去除方法，通过施加超声波可以加速多孔层的断裂，还可以有效地从被处理物表面去除颗粒。

在去除多孔层时，如果改变超声波源（如超声波振荡器）和被处理物的相对位置关系，更具体地，改变衬底和超声波振荡的表面与腐蚀剂液面之间的驻波的相对位置，可以在整个衬底表面上进行加工。为实现

这一点,例如可以使衬底旋转、摆动,或者摆动支承该衬底的托板,或移动超声波源。

下面描述该多孔层去除方法的应用例。

#### (第一应用例)

5 第一应用例与制造方法有关。图 2A ~ 2C 示出该应用例的制造方法。在图 2A 中,制备局部位置有多孔硅部分 402 的硅衬底 401。硅衬底 401 可由如下方法制备,如在硅衬底上形成光致抗蚀膜,用平版印制法在光致抗蚀膜上制作图形并对得到的结构进行阳极化处理。可用已制作图形的  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜或蜡代替光致抗蚀膜,此处的蜡可采用抗氢氟酸的蜡如  
10 Apizoen 蜡(商品名)。

在图 2C 中,去除多孔硅部分 402,更具体地说,将图 2B 所示的衬底放进盛有预处理液(如纯水)处理池中以向多孔硅部分 402 的孔中注入预处理液。此时,优选地对衬底施加超声波以缩短注液时间。

接着,将多孔硅部分 402 的孔已注入预处理液的衬底处理盛有腐蚀  
15 剂(如氢氟酸)的腐蚀池中。多孔硅部件 402 的孔中的预处理液被腐蚀液取代以腐蚀多孔硅部分 402 的孔壁。为了加速腐蚀,优选地对衬底施加超声波。另一方面,为了减小腐蚀过程中的差别,在预处理液被腐蚀剂取代之后优选地停止施加超声波。

在该腐蚀过程中,多孔硅部分 402 的孔壁逐渐变薄。从表面上看(图  
20 的下部)多孔硅部分 402 的颜色逐渐变浅。当孔壁足够薄时,可透过多孔硅部分 402 看到下面的无孔层(图形) 403。

在这种状态下,去除残余的多孔硅部分。为了去除多孔硅部分,例如可以: 1) 重新施加超声波进行腐蚀,或 2) 用对硅腐蚀快的腐蚀剂进行腐蚀。

25 如果剩下的结构坚硬,可喷射水流去除多孔硅部分。

如果整个硅衬底 401 由多孔硅构成,就会只剩下衬底上形成的无孔层,而且,如上所述,当制作无孔层 403 的图形时,可以形成包括如图 2C 所示的悬臂梁形状的各种结构。

#### (第二应用例)

30 第二应用例与半导体衬底的制造方法有关。图 3A ~ 3F 示出该应用

例如半导体衬底制造方法。在图 3A 中, 制备第一单晶硅衬底 501, 在其一个表面上形成多孔硅层 502。在图 3B 中, 在多孔硅层 502 上形成至少一层无孔层 503。作为无孔层 503, 可以是单晶硅层、多晶硅层、非晶硅层、金属层、化合物半导体层或超导层。作为无孔层 503, 可以形成一包含如 MOSFET 的器件结构的层。优选地, 在表层形成  $\text{SiO}_2$  层 504, 从而完成第一衬底。 $\text{SiO}_2$  层 504 是有用的, 因为当第一衬底粘合到第二衬底 505 上时, 粘合面的界面状态可从活性层上分离。

接着, 如图 3D 所示, 在室温下通过  $\text{SiO}_2$  层 504 将图 3C 所示的第一衬底与分离准备的第二衬底 505 相接触。此后, 进行阳极粘合、加压、热处理 (如果需要) 或其组合将衬底紧密地粘合。

当在无孔层 503 上形成单晶硅层时, 最好是在单晶硅层表面用例如热氧化方法形成  $\text{SiO}_2$  层 504 后把第一衬底与第二衬底 505 粘合。

作为第一衬底时, 合适的是硅衬底、在硅衬底形成  $\text{SiO}_2$  层得到的衬底以及包括石英玻璃、石英、蓝宝石衬底的透明衬底。只要第二衬底 505 具有对粘合来说足够平整的表面, 也可采用任何其它的衬底。

图 3D 示出第一衬底和第二衬底通过  $\text{SiO}_2$  层 504 相粘合的状态。如果无孔层 503 或第二衬底不包含硅, 就没必要形成  $\text{SiO}_2$  层 504。

在粘合时, 可以在第一衬底和第二衬底之间夹入绝缘薄片。

在图 3E 中, 第一硅衬底 501 在多孔硅层 502 处从第二衬底上移去。为了移去第一衬底, 用研磨、抛光或腐蚀法作第一衬底, 或者将粘合层叠衬底在多孔硅层 502 分离成第一衬底和第二衬底。

在图 3F 中, 除去第二衬底表面上残余的多孔硅层 502。更具体地, 将图 3E 所示的第二衬底侧放入盛有预处理液的处理池中以向多孔层 502 的孔中注入预处理液。此时, 为了缩短注液时间, 优选地, 施加超声波。作为预处理液, 不仅可以用纯水, 也可以用包含具有氧化作用的过氧化氢、硝酸或盐酸的溶液。

接着, 将多孔硅层 502 的孔已注入预处理液的衬底放进盛有腐蚀剂的腐蚀池中, 多孔硅层 502 的孔中的预处理液被腐蚀液取代以腐蚀多孔硅层 502 的孔壁。为了加快腐蚀, 优选地对衬底施加超声波。另一方面, 作为腐蚀剂, 可采用氢氟酸。为减小腐蚀过程中的差别, 在预处理液被

腐蚀剂取代之后优选地停止施加超声波。

在该腐蚀过程中，多孔硅层 502 的孔壁逐渐变薄。从表面上看，多孔硅层 502 的颜色逐渐变浅。当孔壁足够薄时，可透过多孔硅层 502 看到下面的无孔层（如单晶硅层） 503。

- 5 在这种状态下去除残余的多孔硅层 502。为了去除多孔硅层，例如可以 1) 重新施加超声波进行腐蚀， 2) 用对硅腐蚀快的腐蚀剂进行腐蚀， 3) 用喷射水流去除多孔硅层 502， 4) 抛光去除多孔硅层 502，或 5) 磨去。

10 图 3F 示意地示出由上述方法得到的半导体衬底（SOI 衬底）。通过绝缘层（如  $\text{SiO}_2$  层） 504 在第二衬底 505 上形成表面平整、膜厚均匀的无孔层（如单晶硅层） 503。根据该方法，可以制造高质量的大面积半导体衬底。

当绝缘衬底用作第二衬底 505 时，由上述制造方法得到的半导体衬底对于形成绝缘电子器件非常有用。

- 15 当图 3D 所示的粘合层叠衬底在多孔硅层 502 被分开时，将残余在第二衬底 501 表面的多孔硅层 502 去除后，第一衬底还可再利用，如果需要就对表面平整处理。

下面将列举适于去除多孔层的晶片处理设备的特选例。

- 20 下面描述的晶片处理设备可用于预处理步骤，即向多孔层的孔中注入预处理液，也可用于主步骤，即用腐蚀液取代预处理液以进行腐蚀。通过更换处理液，就可用一台晶片处理设备执行预处理和主步骤。也可以用分别独立地准备的晶片处理设备执行预处理和主步骤。

（加工设备的第一装置）

图 4 是适于去除多孔层的晶片处理设备的示意装置图。

- 25 在晶片处理设备 100 中，可能与处理液接触的构件根据其用途优选地由石英玻璃或塑料构成。作为塑料，可以采用氟化塑料、氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PBT）或聚醚醚酮（PEEK）。作为氟化塑料，PVDF、PFA 或 PTFE 是合适的。

- 30 晶片处理设备 100 包括：晶片处理池 110、溢液池 120、超声波池 130 和在旋转时支承晶片 140 的晶片旋转机构（111 ~ 119）。

在处理晶片之前，向晶片处理池 110 中注入处理液（预处理液或腐蚀剂）。在晶片处理池 110 的上部围绕其设置了溢液池 120，用来暂时贮存从晶片处理池 110 中溢出的处理液。在溢液池 120 中临时贮存的处理液通过排液管 121a 从溢液池 120 的底部排到循环器 121 中。循环器 121 将排出的处理液过滤以去除颗粒并通过进液管 121b 将处理液送进晶片处理池 110 的底部。通过这种设置，可有效地去除晶片处理池 110 中的颗粒。

晶片处理池 110 的深度最好能使晶片 140 完全浸入。通过这种设置，可防止空气或液面附近的颗粒粘附到晶片 140 上。

超声波池 130 位于晶片处理池 110 的下面。在超声波池 130 中，调节机构 130 支承着超声波源 131。如调节超声波源 131 和晶片处理池 110 的相对位置关系的机构一样，具有用来调节超声波源 131 的垂直位置和水平位置的机构，通过这种机构，超声波可以满意地施加到晶片处理池 110，更具体地，到晶片 140。优选地，超声波源 131 具有调节所产生的超声波的频率和强度的功能。通过这种设置，所提供的超声波更加优化。通过增加向晶片 140 优化供应超声波的功能，可以一个一个地向多种晶片供应超声波。超声波池 130 充满超声波传播媒质（如水），所以超声波可以通过超声波传播媒质传到晶片处理池 110。

晶片处理设备 100 具有开/关控制超声波源 131 的控制部分，通过该控制部分，可以控制多孔层的去除加工。

用四个晶片旋转杆 111 将晶片 140 支承在与晶片处理池 110 的底面基本垂直的位置，每个晶片旋转杆 111 上都有槽 111a 以嵌住晶片 140。当晶片旋转杆 110 旋转时具有支承晶片 140 的功能，构成基片旋转机构的一部分。各晶片旋转杆 111 被相对的两个杆支承部件 118 枢轴地支承，因此通过接收马达 119 产生的一个驱动转矩晶片旋转杆 111 沿同一方向旋转。优选地，每个晶片旋转杆 111 的直径应小到不阻碍超声波的传播。

晶片旋转杆 111 的个数优选地为尽可能少。为了确保晶片 140 得到所期望的磨擦力，优选地，提供两个用来限制晶片 140 旋转方向（即 X-轴方向）的晶片旋转 111，和两个从下面支承晶片 140 的晶片旋转杆 111。当在晶片下面以合适的间隔设置两个晶片旋转杆时，驱动转矩可以

有效地传递到具有定向平板的晶片。如果在晶片下只设置一个晶片旋转杆 111，定向平板就位于晶片旋转杆 111 的上面，晶片旋转杆 111 不能转动晶片。

通常在晶片处理池 110 底和液面之间形成驻波，即具有高强度部位和低强度部位的超声波。然而，由于该晶片处理设备 100 是在旋转晶片 140 时对其进行处理，可以减小因驻波造成的加工不均匀性。

在晶片处理设备 100 中，晶片处理设备 100 的底部和晶片 140 的周围的部件尽可能地少，因此，超声波可有效且均匀地供应给晶片 140。而且，在这种装置中，由于处理液可围绕晶片 140 自由流动，晶片加工均匀，且可防止加工缺陷。

#### (晶片处理设备第二装置)

图 5 示意示出适合去除多孔层的晶片处理设备的装置。

在晶片处理设备 10 中，可能与处理液接触地构件根据其用途优选地用石英玻璃或塑料构成。作为塑料，可采用氟化塑料、氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PBT) 或聚醚醚酮 (PEEK)。作为氟化塑料，PVDF、PFA 或 PTFE 是合适的。

晶片处理设备 10 包括：晶片处理池 11 和在晶片处理池 11 中用来摆动晶片夹具 121 的夹持驱动机构 31。优选地，晶片处理设备 10 具有超声波池 61。

在处理晶片之前，向晶片处理池 11 中注入处理液（预处理液或腐蚀剂）。晶片处理池 11 具有四缘溢液池 12。处理液通过具有过滤器的循环器 71 从晶片处理池 11 的底部注入。从晶片处理池 11 溢出的处理液贮存在四缘溢液池 12 的底部排出。在该晶片处理设备 10 中，夹具驱动机构 31 摆动晶片夹具 21，同时搅动处理液。因此，具备四缘溢液池 12 的循环系统对于保持处理液的液面恒定非常有用。

作为晶片夹具 21，可采用工业上可得到的产品。优选地，晶片夹具 21 由石英玻璃或塑料构成。作为塑料，可采用氟化塑料、氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、PBT 或 PEEK。作为氟化塑料，PVDF、PFA 或 PTFE 是合适的。

夹具驱动机构 31 有一对用来夹持晶片夹具 21 的夹持部分 31a。晶

片夹具 21 被两个夹持部分 31a 夹住并浸入晶片处理池 11。当在晶片处理池 11 中摆动晶片夹具 21 时可以对晶片 40 进行所期望的加工。夹持驱动机构 31 可以把夹持在上一步骤已被处理的晶片 40 的晶片夹具 21 传递到晶片处理池 11 或下一步骤中。而且夹具驱动机构 31 还是晶片处理设备 10 的一部分。

在本实施方案中，夹持部分 31a 夹住晶片夹具 21，使得晶片 40 被间接夹住。然而，可以用如卡盘垫代替夹持部分 31a，直接夹住晶片 40。晶片 40 夹持方向不限于垂直于晶片处理池 11 底面的方向，也可与底面平行。

超声波池 61 具有超声波源 51 并充满超声波传播介质（如水）。超声波源 51 固定在用来调节超声波源 51 的垂直和/或水平位置的调节机构 62 上。当通过调节机构 62 调节超声波源 51 和晶片处理池 11 之间的位置关系时，可以优化供应到晶片处理池 11，更具体地到晶片 40 的超声波。优选地，超声波源 51 具有调节所产生的超声波的频率和强度的功能。通过这种装置可进一步优化超声波的供应。通过增加优化超声波向晶片 40 供应的功能，可以一个一个地向多种晶片供应超声波。

晶片处理设备 10 具有对超声波源 51 开/关控制的控制部分。通过该控制部分可控制多孔层的去除加工。

（晶片处理设备的第三装置）

图 6 是适于去除多孔层的晶片处理设备的示意装置图。图 7A ~ 7E 示出图 6 所示晶片处理设备的动作。图 8 是图 6 所示晶片处理设备中的摆动支承部件的立体图。

为了提高夹具驱动机构 31 摆动晶片 40 的效率，晶片处理池 11 在其底面上优选地具有摆动支承部件 13。当晶片夹具 21 移动时，摆动支承部件 13 与晶片夹具 21 所夹持的晶片 40 侧面接触，通过摩擦力使晶片 40 滚动并上下移动、摆动支承部件 13 有助于提高被处理晶片的表面均匀性。

如果采用一个驱动机构使摆动支承部件 13 垂直（Y 轴方向）和/或水平（X 轴方向）移动，也是有效的。这种情况下，移去摆动支承部件 13 以转动晶片 40 并使晶片 40 在晶片夹具 21 内上下移动。因此，夹具驱

动机构 31 使晶片夹具 21 移动的范围就很小, 换言之, 晶片处理池 11 变得结构紧凑。

超声波池 61 具有超声波源 51 且充满超声波传播媒质(如水)。超声波源 51 固定在调节机构 62 上以调节超声波源 51 的垂直和/或水平位置, 当用调节机构 62 调节超声波源 51 和晶片处理池 11 之间的相对位置时, 可以优化供应给晶片处理池 11, 更具体地说是晶片 40 的超声波。优选地, 超声波源 51 具有调节所产生的超声波的频率和强度的功能。通过这种装置, 可进一步优化超声波的供应。通过增加优化向晶片 40 供应超声波的功能, 可以一个一个地向多种晶片供应超声波。

晶片处理设备 10 具有对超声波源 51 进行开/关控制的控制部分。利用该控制部分可以控制多孔层的去除加工。

图 7A ~ 7E 用于解释晶片摆动方法。在这些图中, 箭头表示晶片夹具 21 的移动方向。图 7A 示出晶片即将开始摆动时的状态。当得到摆动动作开始的指令时, 如图 7B 所示, 在微机控制下夹具摆动机构 31 向下按压夹持部分 31a。晶片 40 的侧面在该按压的中途与摆动支承部件 13 接触。晶片 40 在下部被摆动支承部件 13 支承。

当摆动支承部件 13 与晶片 40 接触时, 无论量多少总会产生一些微粒。为防止这一点, 摆动支承部件 13 的端部优选地加工成图 8 所示的圆形, 与晶片 40 平滑接触。

由于摆动支承部件 13 只需支承晶片 40 的摆动, 故其形状可以不阻碍超声波的传播, 如为薄板状。通过这种设置, 超声波可以被均匀地提供给晶片 40, 可以对晶片 40 进行均匀的处理。

在晶片处理设备 10 中, 当改变晶片 40 和摆动支承部件 13 的相对位置即晶片 40 和晶片处理池 11 的相对位置时, 对晶片 40 进行处理。所以, 摆动支承部件 13 造成的超声波的轻微不均匀性不是什么问题。

当晶片夹具 21 的按压量大到一定程度时, 晶片 40 和摆动支承部件 13 之间的接触压力会增加。由此, 可消除摆动支承部件 13 和晶片 40 之间的滑动以防止动作失误。如果按压量小, 晶片 40 的重量更多地落在晶片夹具 21 上而不是摆动支承部件 13 的端部上。如果摆动支承部件 13 具有本实施方案所采用的形状, 在晶片 40 和摆动支承部件 13 接触后, 按

压量优选地设备为约 30mm。

当按压晶片夹具 21 的操作结束时，如图 7C 所示，在微机控制下夹具驱动机构 31 将夹持部分 31a 右移（X 轴正方向）。当正时针旋转时，晶片 40 在晶片处理池 11 中基本上水平右移（X 轴正方向）。夹持部分 31a 的按压量必须设置在使夹持部分 31a 不与晶片夹具 21 的下部开口部分相碰的范围内。

当晶片夹具 21 的右移（X 轴正方向）运动结束时，如图 7D 所示，在微机控制下夹具驱动机构 31 使夹持部分 31a 上移。夹持部分 31a 的移动是优选地设置为使晶片 40 不接近处理液的液面的范围内。如果晶片 40 接近液面 41，微粒会粘在晶片 40 的表面上。

当晶片夹具 21 的上移运动结束后，在微机控制下夹具驱动机构 31 使夹持部分 31a 左移（X 轴负方向），如图 7E 所示，然后恢复起始状态（图 7A）。

通过重复上述操作（图 7A→7B→7C→7D→7E），晶片 40 可被恰当地摆动和均匀的加工。

根据晶片处理设备 10，在通过调节超声波池 61 使超声波供应优化的区域内摆动晶片 40，可以优化作用在晶片 40 上的超声波。

众所周知，超声波的驻波在预定间隔上有波节和反波节。因此，难以使晶片处理池 11 中的超声波均匀化。

然而在该晶片处理设备 10 中，由于夹具驱动机构 31 摆动晶片 40，尽管超声波的强度分布不均匀，晶片 40 也可被均匀地处理。即使晶片 40 仅仅简单地在水平方向、垂直方向或倾斜方向移动，晶片 40 也可被均匀地加工。当晶片 40 也在轴向（Z 轴方向）摆动时，水平面上超声波的高强部分造成的晶片间的加工不均匀性也可被纠正。

由于晶片处理设备 10 具有摆动支承部件 13，晶片 40 的摆动量可被有效地增加。摆动支承部件 13 的固定位置不限于晶片处理池 11 的底部。只要摆动支承部件 13 可接触到晶片夹具 21 内的所有晶片 40，摆动支承部件 13 可固定在晶片处理池 11 的内壁上或夹具驱动机构 31 上（这时，需要有改变夹持部分 31a 和摆动支承部件 13 之间相对位置的机构）。

而且，根据晶片处理设备 10，由于在晶片处理池 11 中没有驱动机

构，没有驱动机构的动作产生的微粒。

（晶片处理设备的第四装置）

图 9 示意示出适合去除多孔层的晶片处理设备的装置。

在晶片处理设备 300 中，晶片 40 被夹持在与晶片处理池 11 底面基本平行的位置（即与超声波的振动面基本平行），并完全浸入晶片处理池 11 的处理液（预处理液或腐蚀剂），在此状态下，由晶片移动机构 80 摆动晶片，实现对晶片 40 的均匀处理并可防止微粒的污染。

晶片移动机构 80 用臂 81 夹持晶片 40，并在晶片处理池 11 中摆动晶片 40。优选地，在横穿超声波振动面的方向（即垂直方向）上和平行于超声波振动面的方向（即水平方向）上摆动晶片 40。

而且在该晶片处理设备 300 中，优选地，晶片 40 完全浸入处理液进行处理。在这种情况下，可防止在处理液与气体界面附近微粒粘附在晶片 40 上。

根据晶片处理设备 300，通过在晶片处理池 11 中摆动晶片 40 可以实现对其均匀加工。

（晶片处理设备的第五装置）

图 10 示意示出适合去除多孔层的晶片处理设备的装置。在晶片处理设备的第二到第四装置中，晶片在摆动时进行加工。而在晶片处理设备 500 中，是提高处理液（预处理液或腐蚀剂）的流速而不是摆动晶片。

在晶片处理设备 500 中，用于支承晶片夹具 21 的支承部分 73 设置在晶片处理池 11 的下部。由循环器 71 供应的处理液从支承部分 73 下面的喷口 72 高速喷出。支承部分 73 有多个开口部分，喷口 72 喷出的处理液经开口部分向上移动。

当处理液高速循环时，晶片 40 可被均匀地处理。

在如图 5 所示的晶片处理设备 10 中安装上述循环机构（71 ~ 73），也是有效的。

（晶片处理设备的第六装置）

在上述晶片处理设备中，通过开关控制超声波源实现超声波的供应或不供应。另外，如果需要也可在超声波源和晶片之间插入用于屏蔽超声波的机构。

下面描述图 5 或图 6 的晶片处理设备的变形。图 11A 和 11B 示出图 5 或图 6 所示晶片处理设备的变形。在图 11A 和 11B 中，溢液池和循环器被省略了。

如果需要，该晶片处理设备的变形在超声波源 51 和晶片处理池 11 的底面之间设有屏蔽超声波的保护门 91 和 92。如图 11A 所示，为了把超声波传到晶片处理池 11，驱动部分（未图示）打开保护门 91 和 92。为了屏蔽超声波使其不进入晶片处理池 11，如图 11B 所示，驱动部分（未图示）关闭保护门 91 和 92。作为保护门 91 和 92 的材料，几乎不传播超声波的材料如 PFA 或 PTFE 是合适的。

#### 10 （晶片设置设备的第七装置）

图 12A ~ 12C 示意示出适合去除多孔层的晶片处理设备的装置，图 12A 是前视图，图 12B 是侧视图，图 12C 是平面图。

在晶片处理设备 700 中，由喷射嘴 700 喷射流体束 701（如水），用该喷射流体去除晶片 40 的多孔层。

15 在图 12A ~ 12C 示出的实例中，当喷射嘴 700 的喷射流体垂直于晶片 400 时，喷射嘴 700 在正轴方向上扫描，由此去除整个表面上的多孔层 40a。

#### （晶片处理设备的第八装置）

图 13 示意示出适合去除多孔层的晶片处理设备的装置。该晶片处理设备包括用于预处理的晶片处理设置 100a、用于主处理的晶片处理设备 100b 以及用于传递被加工衬底的传递机构 800。例如，图 4 所示的晶片处理设备 100 就可用作用于预处理的晶片处理设备 100a 和用于主处理的晶片处理设备 100b。

25 传递机构 800 具有沿水平轴 804 水平移动和沿垂直轴 803 垂直移动的传送机械手 802。传送机械手 802 具有多个衬底夹持机构 801，每个夹持机构 801 具有用来卡住和夹持住被加工衬底下表面的卡盘部分。

在该晶片处理设备中，首先，要处理的衬底（在其表面有多孔层的衬底）被传送机构 800 传送至用于预处理的晶片处理设备 100a 并被置于晶片处理池中。在晶片处理设备 100a 中进行预处理。

30 预处理后的衬底被传送机械 800 传送到用于主处理的晶片处理设备

100b 并被置于晶片处理池中。在晶片处理设置 100b 中进行主处理。

主处理后的衬底被传送机构 800 从晶片处理设备 100b 中取出，放在如晶片盒中。

根据该晶片处理设备，可以自动地进行包括预处理和主处理的多孔层去除处理。

下面描述上述多孔层去除方法的实例。

(实例 1)

在单晶硅衬底的表面上形成一层抗 HF 腐蚀的材料构成的膜，且为了形成有开口的掩膜对该膜制作了图形。暴露在开口部分的单晶硅衬底在 HF 溶液中阳极化以形成多孔层。通过这种工艺在单晶硅衬底上形成 50 $\mu$ m 厚的多孔层。然后，去除掩膜。也可以不在单晶硅衬底上形成掩膜，而是将单晶硅衬底放在夹具上，使 HF 溶液只接触到要形成多孔层并进行阳极化的区域。

将得到的衬底放入图 4 所示用于预处理的晶片处理设备 100 中。用于预处理的晶片处理设备 100 的晶片处理池 110 中已预先注入含有乙醇的溶液（预处理液）。在用于预处理的晶片处理设备 100 中，衬底被转动两小时，同时施加近 1MHz 的超声波将含乙醇的溶液注入多孔硅层的孔中（预处理）。

预处理后的衬底放入图 4 所示用于主处理的晶片处理设备 100。用于主处理的晶片处理设备 100 的晶片处理池 110 中已预先充满氢氟酸、过氧化氢和纯水的混合溶液（腐蚀剂）。在用于主处理的晶片处理设备 100 中，衬底被转动 0.5 小时，同时施加近 0.25MHz 的超声波将腐蚀剂注入多孔硅层的孔中。

然后停止超声波源 131，使衬底在晶片处理池 110 中保持 1 小时，通过这种处理，多孔硅层的孔壁变薄了。

然后，用图 12A ~ 12C 所示的设备将多孔硅层全部去除。结果，在衬底上形成了深 50 $\mu$ m 的凹槽部分。即使不用图 12A ~ 12C 所示的设备。而是在超声波源 131 停止时，使衬底在晶片处理池 110 中保持 2 小时，也可以把多孔硅层完全除去。

采用图 5、6、或 9 所示的设备也可得到与如上所述相同的结构。

## (实例2)

在单晶硅衬底的表面上形成一层抗 HF 腐蚀的材料构成的膜，且为了形成有开口的掩膜对该膜制作了图形。暴露在开口部分的单晶硅衬底在 HF 溶液中阳极化以形成多孔层。通过这种工艺在单晶硅衬底上形成  
5 50 $\mu$ m 厚的多孔层。然后，去除掩膜。也可以不在单晶硅衬底上形成掩膜，而是将单晶硅衬底放在夹具上，使 HF 溶液只接触到要形成多孔层并进行阳极化的区域。

然后，用外延生长法在衬底表面上形成一厚为 1 $\mu$ m 的单晶硅层作为得到的结构。

10 将得到的衬底放入图 4 所示用于预处理的晶片处理设备 100 中。用于预处理的晶片处理设备 100 的晶片处理池 110 中已预先注入含有乙醇的溶液（预处理液）。在用于预处理的晶片处理设备 100 中，衬底被转动 6 小时，同时施加近 0.25 MHz 的超声波将含乙醇的溶液注入多孔硅层的孔中（预处理）。

15 预处理后的衬底放入图 4 所示用于主处理的晶片处理设备 100。用于主处理的晶片处理设备 100 的晶片处理池 110 中已预先充满氢氟酸、过氧化氢和纯水的混合溶液（腐蚀剂）。在用于主处理的晶片处理设备 100 中，衬底被转动 2 小时，同时施加近 0.25MHz 的超声波将腐蚀剂注入多孔硅层的孔中。

20 然后停止超声波源 131，使衬底在晶片处理池 110 中保持 2 小时，通过这种处理，多孔硅层的孔壁变薄了。

重新启动超声波源 131 五分钟以完全去除多孔硅层，即使不重新启动超声波源 131，而是在超声波源 131 停止时，使衬底在晶片处理池 110 中保持 4 小时，也可以把多孔硅层完全除去。

25 通过上述处理，在多孔硅层上形成了包括外延层（单晶硅层）的单晶硅膜。整个表面上的外延层厚度基本相同。

如图 2C 所示，通过预先部分地去除外延生长层（单晶硅层），可以形成单晶硅的悬臂梁结构。

采用图 5、6、或 9 所示的设备也可得到与如上所述相同的结构。

30 (实例3)

准备第一单晶硅衬底。在 HF 溶液中对表层阳极化以形成多孔硅层, 阳极化条件如下:

电流密度:  $7 \text{ (mA/cm}^2\text{)}$

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

5 时间:  $11 \text{ (min)}$

多孔硅层厚度:  $12 \text{ (}\mu\text{m)}$

该衬底在氧气氛中  $400^\circ\text{C}$  氧化 1h。通过这种氧化多孔硅层的每个孔的内壁上覆盖一热氧化膜。在多层孔硅上用 CVD (化学气相沉积) 法外延生长一厚为  $0.30\mu\text{m}$  的单晶硅层。生长条件如下:

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

气流速度:  $0.5/180 \text{ (l/min)}$

气压:  $80 \text{ (毛)}$

温度:  $950 \text{ (}^\circ\text{C)}$

生长速度:  $0.3(\mu\text{m/min})$

15 然后, 用热氧化法在外延硅层上形成一厚度为  $200\text{nm}$  的  $\text{SiO}_2$  层。

第一衬底的  $\text{SiO}_2$  层的表面与另一分离准备的衬底 (第二衬底) 的表面相粘合。

用研磨、抛光、或腐蚀把第一衬底除去以暴露出整个第二衬底表面上的多孔硅层。

0 将第二衬底放入图 4 所示用于预处理的晶片处理设备 100 中。用于预处理的晶片处理设备 100 的晶片处理池 110 中已预先注入含有过氧化氢的溶液 (预处理液)。在用于预处理的晶片处理设备 100 中, 衬底被转动两小时, 同时施加近  $0.25\text{MHz}$  的超声波将预处理液注入多孔硅层的孔中。

25 预处理后的衬底放入图 4 所示用于主处理的晶片处理设备 100。用于主处理的晶片处理设备 100 的晶片处理池 110 中已预先注入氢氟酸、过氧化氢和纯水的混合溶液 (腐蚀剂)。在用于主处理的晶片处理设备 100 中, 衬底被转动 0.5 小时, 同时施加近  $0.25\text{MHz}$  的超声波将腐蚀剂注入多孔硅层的孔中。

30 然后停止超声波源 131, 使衬底在晶片处理池 110 中保持 1 小时,

通过这种处理，多孔硅层的孔壁变薄了。

重新启动超声波源 131 五分钟以彻底去除多孔硅层。此时，如图 10 所示，当腐蚀剂循环适当时，可提高被加工衬底的表面均匀性。

一个晶片处理设备可用来预处理，也可用来主处理。在这种情况下，  
5 可通过向含有过氧化氢的预处理液中加入氢氟酸以得到腐蚀剂。

在主处理（腐蚀）之前当多孔层的孔充满预处理液如含过氧化氢的溶液以氧化孔壁时，多孔硅层的孔可以容易被含氢氟酸的腐蚀剂所充满。预处理液也可以是无氧化作用的溶液。

通过施加超声波、转动衬底或使处理液循环可更加缩短注液时间。

10 如上所述，多孔硅层的孔中注入预处理液后，循环腐蚀剂的同时施加超声波，并在转动衬底的同时将预处理液替换成腐蚀剂。通过这种操作，衬底的多孔层的孔可以迅速被腐蚀剂充满。然后，停止施加超声波，将衬底保持一段合适的时间。通过这种处理，每一个衬底的整个表面区域上的多孔硅层的孔都可以被充分地减薄。通过在这种状态下再次施加  
15 超声波，可以在每个衬底的整个区域上均匀地立即去除残余的多孔硅层。

用图 5、6 或 9 所示的设备可以得到与如上所述同样的结果。

即使不是在停止施加超声波后再次施加，而是采用下面的任一种方法，都可以高质量地去除残余的多孔硅层：

0 （1）将得到的结构浸入氢氟酸、过氧化氢和纯水的混合溶液中约 5 秒钟，去除多孔层。

（2）用抛光法去除多孔硅层。

（3）用擦洗法去除多孔硅层。

（4）以如  $100\text{kg}/\text{lm}^3$  的压力的喷射水流扫描衬底，去除多孔硅层。

25 在去除多孔硅层的步骤中，单晶硅层用作腐蚀阻止层，使多孔硅层被选择腐蚀和完全去除。

无孔硅单晶在上述腐蚀剂中的腐蚀速度非常慢。无孔硅单晶的腐蚀速度和多孔层腐蚀速度的选择比值为  $\geq 10^5$ 。无孔层的腐蚀量（约几十个埃）是在实际应用中容许的。

30 通过上述处理，形成了在氧化硅膜上有  $0.2\mu\text{m}$  厚的单晶硅层的 SOI

衬底。在整个表面上对得到的单晶硅层的厚度进行了 100 点测量, 厚度为  $201\text{nm}\pm 4\text{nm}$ 。

将得到的结构热处理: 氢气中  $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$  保温 1 小时, 然后用原子力显微镜测表面粗糙度。平均面积粗糙度为  $5\mu\text{m}$  平方面积为约  $0.2\text{nm}$ 。这几乎与工业上的硅晶片相同。

用透射电子显微镜进行断面观察表明, 在单晶硅层中没有形成新的晶体缺陷, 保持着满意的。

即使氧化膜 ( $\text{SiO}_2$ ) 不是在外延层表面上形成而是在第二衬底表面或所有这些表面上形成, 也可得到与上述相同的结果。

即使石英玻璃之类的透明衬底用作第二衬底, 也可得到满意的结果。然而在这种情况下, 由于石英玻璃和单晶硅层的热膨胀系数有差别会在单晶硅层上形成狭缝, 在氢气中热处理的温度从  $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$  降到  $\leq 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

#### (实例 4)

将第二衬底在 HF 溶液中进行两步阳极化以形成两个多孔层, 阳极化处理的条件如下:

##### <第一步阳极化处理>

电流密度:  $7(\text{mA}/\text{cm}^2)$

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

时间:  $5(\text{min})$

多孔硅层厚度:  $5.5(\mu\text{m})$

##### <第二步阳极化处理>

电流密度:  $30(\text{mA}/\text{cm}^2)$

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

时间:  $110(\text{sec})$

多孔硅层厚度:  $3(\mu\text{m})$

该衬底在氧气氛中  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  氧化 1 小时。通过这种氧化多孔硅层的每个孔的内壁上覆盖一热氧化膜。在多层孔硅上用 CVD (化学气相沉积) 法延生长一厚为  $0.30\mu\text{m}$  的单晶硅层。生长条件如下:

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

气流速度: 0.5/180 (l/min)

气压: 80 (毛)

温度: 950 (℃)

生长速度: 0.3( $\mu\text{m}/\text{min}$ )

5 然后, 用热氧化法在外延硅层上形成一厚度为 200nm 的  $\text{SiO}_2$  层。

第一衬底的  $\text{SiO}_2$  层的表面与另一分离准备的衬底(第二衬底)的表面相粘合。

10 沿在  $30\text{mA}/\text{cm}^2$  的电流密度(第二步阳极化处理)下形成的多孔硅层把粘合的层叠衬底分成两个衬底, 把多孔硅层暴露在第二衬底那一侧的整个表面上。为了分开粘合层叠衬底, 可对衬底机械拉伸、扭转、压缩、沿粘合边缘楔入、从端面进行氧化以使剥离、用热应力、施加超声波, 或向粘合层叠衬底的边缘喷射水流等。

15 将得到的衬底结构放入图 4 所示用于预处理的晶片处理设备 100 中。用于预处理的晶片处理设备 100 的晶片处理池 110 中已预先注入含有过氧化氢的溶液(预处理液)。在用于预处理的晶片处理设备 100 中, 衬底被转动两小时, 同时施加近 0.25MHz 的超声波将预处理液注入多孔硅层的孔中。

20 预处理后的衬底放入图 4 所示用于主处理的晶片处理设备 100。用于主处理的晶片处理设备 100 的晶片处理池 110 中已预先注入氢氟酸、过氧化氢和纯水的混合溶液(腐蚀剂)。在用于主处理的晶片处理设备 100 中, 衬底被转动 0.5 小时, 同时施加近 0.25MHz 的超声波将腐蚀剂注入多孔硅层的孔中。

然后停止超声波源 131, 使衬底在晶片处理池 110 中保持 1 小时, 通过这种处理, 多孔硅层的孔壁变薄了。

25 重新启动超声波源 131 五分钟以彻底去除多孔硅层。此时, 如图 10 所示, 当腐蚀剂循环适当时, 可提高被加工衬底的表面均匀性。

一个晶片处理设备可用来预处理, 也可用来主处理。在这种情况下, 可通过向含有过氧化氢的预处理液中加入氢氟酸以得到腐蚀剂。

30 在主处理(腐蚀)之前当多孔层的孔充满预处理液如含过氧化氢的溶液以氧化孔壁时, 多孔硅层的孔可以容易地被含氢氟酸的腐蚀剂所充

满。预处理液也可以是无氧化作用的溶液。

通过施加超声波、转动衬底或使处理液循环可更加缩短注液时间。

如上所述，多孔硅层的孔中注入预处理液后，循环腐蚀剂的同时施加超声波，并在转动衬底的同时将预处理液替换成腐蚀剂。通过这种操作，衬底的多孔层的孔可以迅速被腐蚀剂充满。然后，停止施加超声波，将衬底保持一段合适的时间。通过这种处理，每一个衬底的整个表面区域上的多孔硅层的孔都可以被充分地减薄。通过在这种状态下再次施加超声波，可以在每个衬底的整个区域上均匀地立即去除残余的多孔硅层。

10 用图 5、6 或 9 所示的设备可以得到与如上所述同样的结果。

即使不是在停止施加超声波后再次施加，而是采用下面的任一种方法，都可以高质量地去除残余的多孔硅层：

（1）将得到的结构浸入氢氟酸、过氧化氢和纯水的混合溶液中约 5 秒钟，去除多孔层。

15 （2）用抛光法去除多孔硅层。

（3）用擦洗法去除多孔硅层。

（4）以如  $100\text{kg}/\text{lm}^3$  压力的喷射水流扫描衬底，去除多孔硅层。

在去除多孔硅层的步骤中，单晶硅层用作腐蚀阻止层，使多孔硅层被选择腐蚀和完全去除。

10 无孔硅单晶在上述腐蚀剂中的腐蚀速度非常慢。无孔硅单晶的腐蚀速度和多孔层腐蚀速度的选择比值为  $\geq 10^5$ 。在实际应用中无孔层的腐蚀量（约几十个埃）是容许的。

通过上述处理，形成了在氧化硅膜上有  $0.2\mu\text{m}$  厚的单晶硅层的 SOI 衬底。在整个表面上对得到的单晶硅层的厚度进行了 100 点测量，厚度为  $201\text{nm} \pm 4\text{nm}$ 。

25 将得到的结构热处理：氢气中  $1100^\circ\text{C}$  保温 1 小时，然后用原子力显微镜测表面粗糙度。平均面积粗糙度为  $5\mu\text{m}$  平方面积为约  $0.2\text{nm}$ 。这几乎与工业上的硅晶片相同。

30 用透射电子显微镜进行断面观察表明，在单晶硅层中没有形成新的晶体缺陷，保持着满意的结晶度。

即使氧化膜 ( $\text{SiO}_2$ ) 不是在外延层表面上形成而是在第二衬底表面或所有这些表面上形成, 也可得到与上述相同的结果。

即使石英玻璃之类的透明衬底用作第二衬底, 也可得到满意的结果。然而在这种情况下, 由于石英玻璃和单晶硅层的热膨胀系数有差别会在单晶硅层上形成狭缝, 在氢气中热处理的温度从  $1100^\circ\text{C}$  降到  $\leq 1000^\circ\text{C}$ 。

当第一衬底侧留下的多孔硅层被选择腐蚀并进行表面处理如氢气退火或表面抛光, 衬底可被回收作为第一或第二衬底。

即使是具有单层结构的由阳极化形成的多孔层也可得到如上所述的同样的结果。

在上面的实例中, 作为在多孔硅层上形成单晶硅层的外延生长法, 不仅可用 CV 法, 也可用 MBE、溅射或液相生长法。在多孔硅层上还可外延生单晶化合物半导体层 GaAs 或 InP。在这种情况下, 可以制造高频器件中硅上的 GaAs 或玻璃(石英)上的 GaAs 或适合于 OEIC 的衬底。

作为用于选择性腐蚀多孔硅层的腐蚀剂, 49 % 氢氟酸和 30 % 过氧化氢的混合溶液是合适的。然后, 也可采用下面的腐蚀剂。由于多孔硅层具有很大的表面积, 选择腐蚀很容易。

(a) 氢氟酸

(b) 向氢氟酸中至少加入乙醇或过氧化氢中的二者之一得到的混合溶液。

(c) 缓冲氢氟酸

(d) 向缓冲氢氟酸中至少加入乙醇或过氧化氢中的二者之一得到的混合溶液

(e) 氢氟酸和硝酸的混合溶液

(f) 氢氟酸、硝酸和乙酸的混合溶液

在上面的实例中, 停止超声波源以实现停止使用超声波, 但是, 也可以有效地利用保护门, 如图 11A 和 11B 所示。

作为多孔层, 不仅是多孔硅层, 也可以是其它半导体材料如 GaAs 或 SiC 的多孔层、或在乙二酸中阳极化的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 或 CVD 法产生的超细颗粒膜。这些层都可被容易地除去。

根据本发明，通过缩短多孔层的腐蚀剂注液时间，可减小衬底表面或衬底之间的腐蚀差别，可保持下面的表面层的给定膜厚均匀性。而且，即使多孔层厚度不同，也可保持下面的表面层的给定膜厚均匀性。

根据本发明，可保持多孔区域下面的层的平整度。

- 5 本发明并不限于上述实施方案，在其精神和范围内可以作各种变化和改进。因此为了向公众说明本发明的范围，作了如下的权利要求。

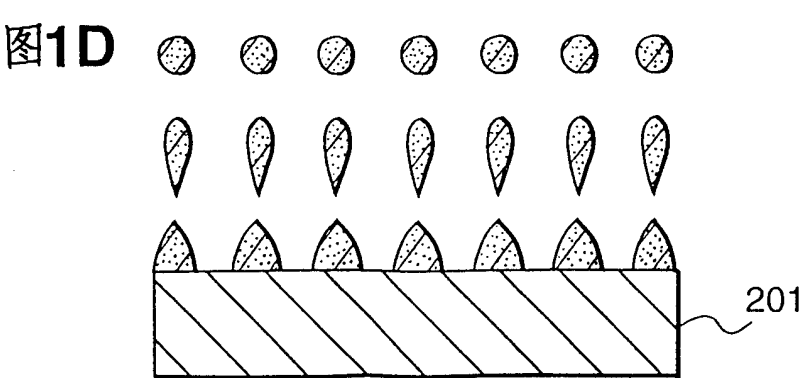
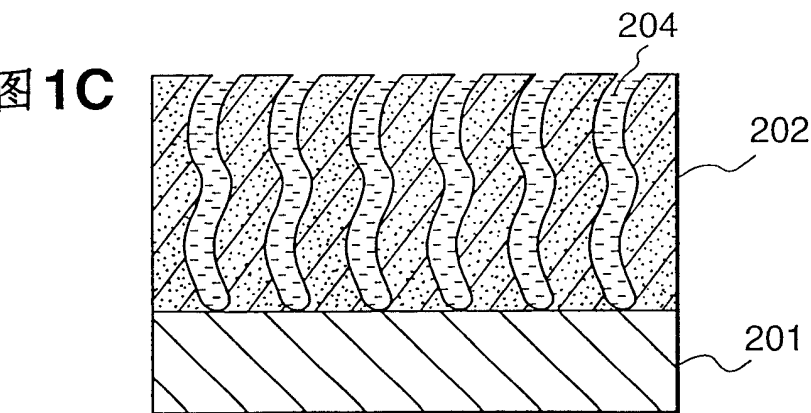
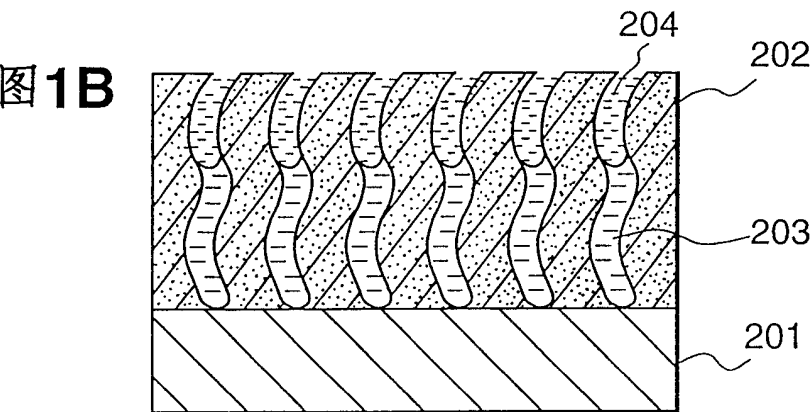
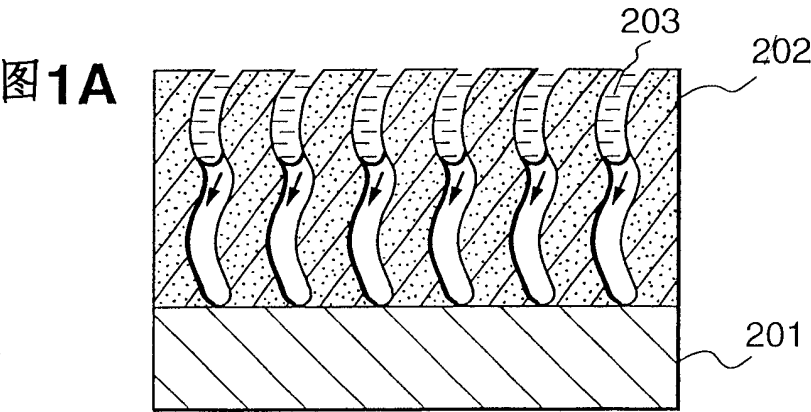


图2A

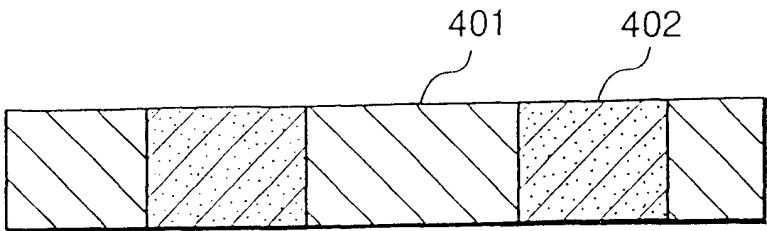


图2B

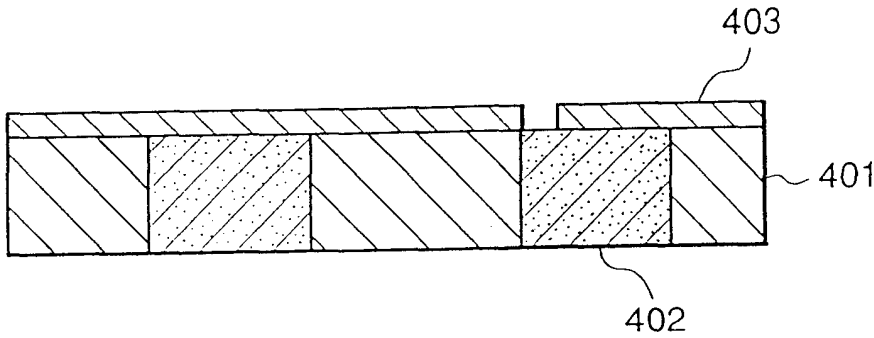


图2C

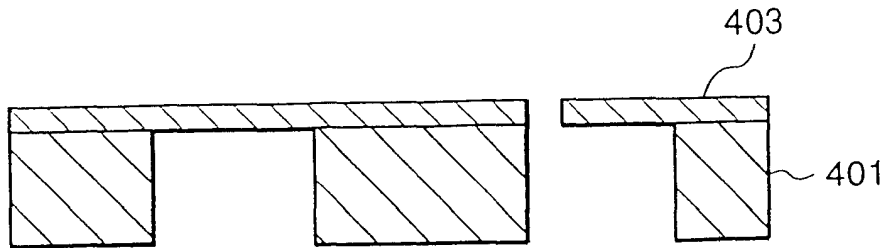


图 3A

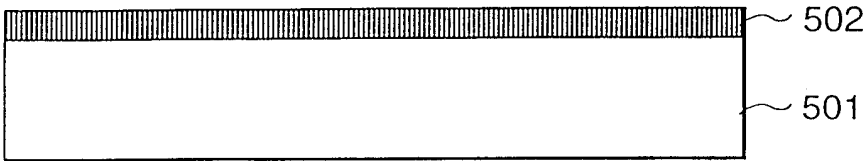


图 3B

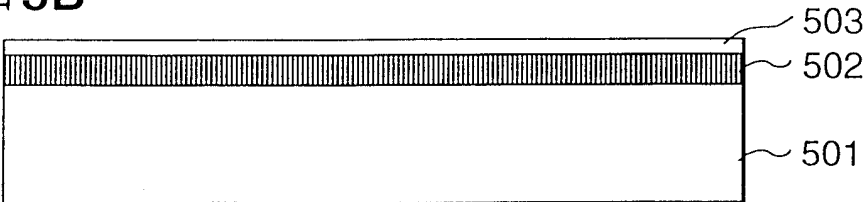


图 3C

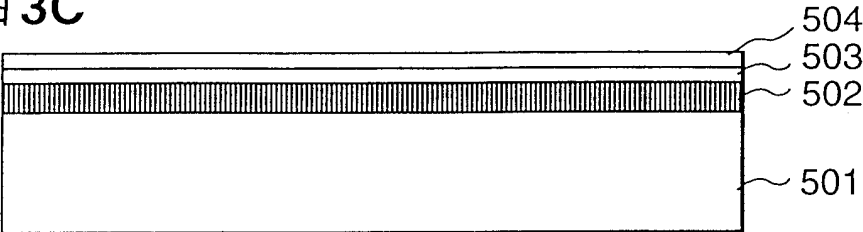


图 3D

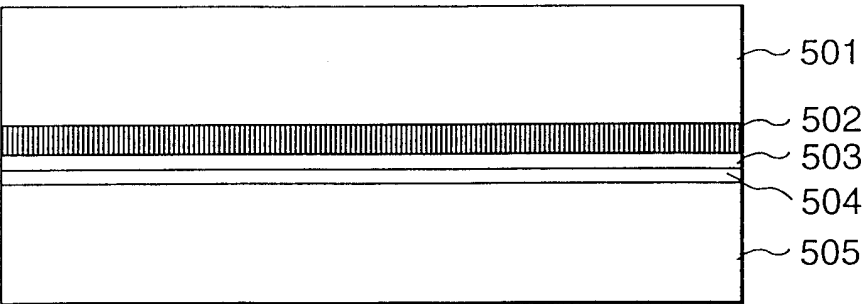


图3E

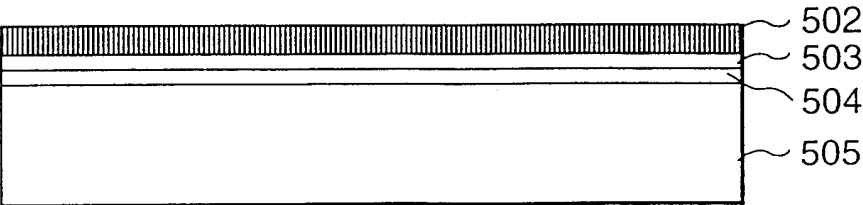
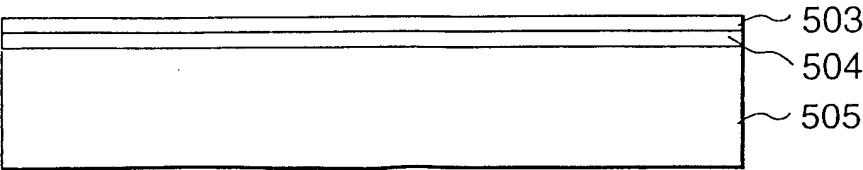


图 3F



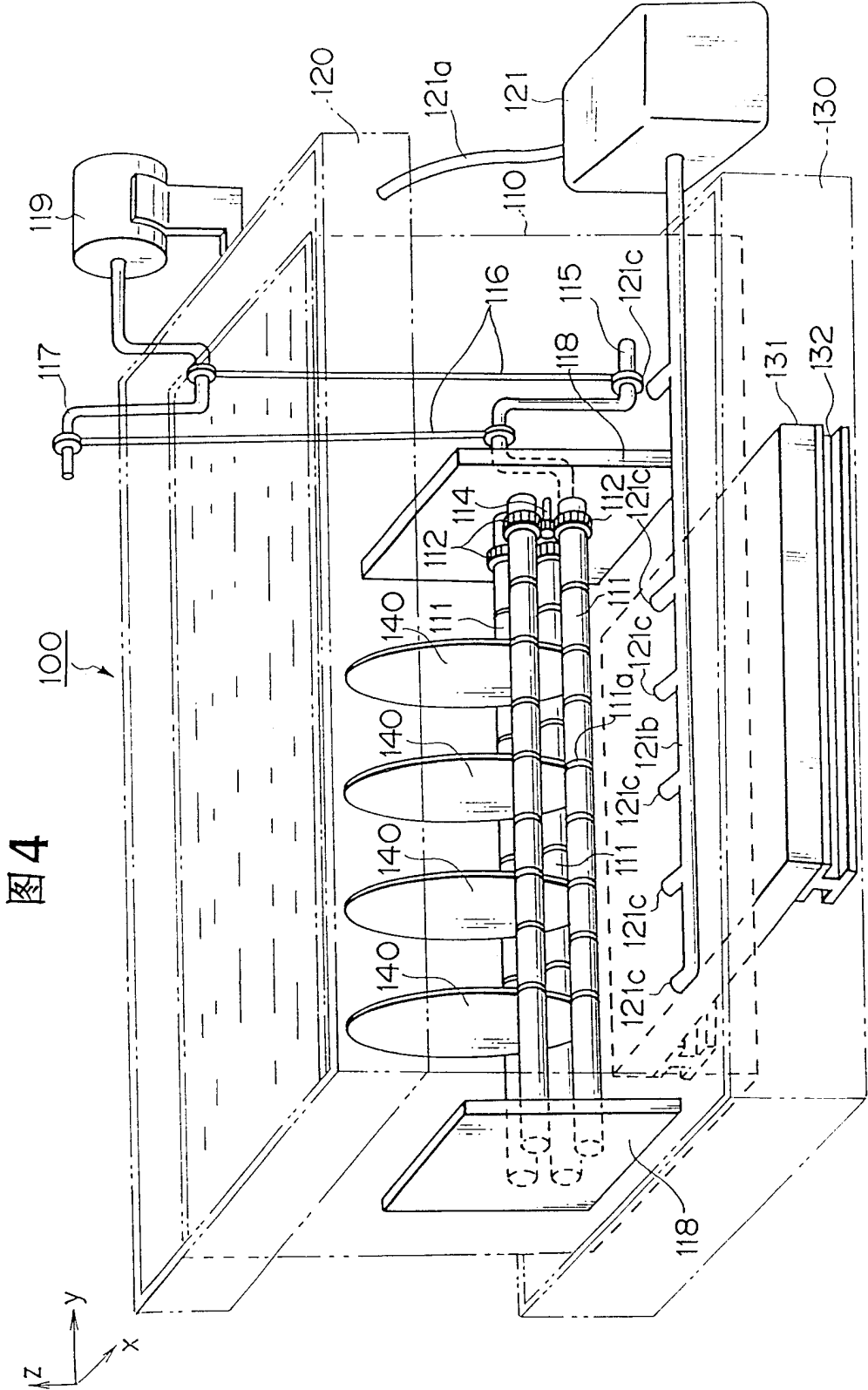


图5

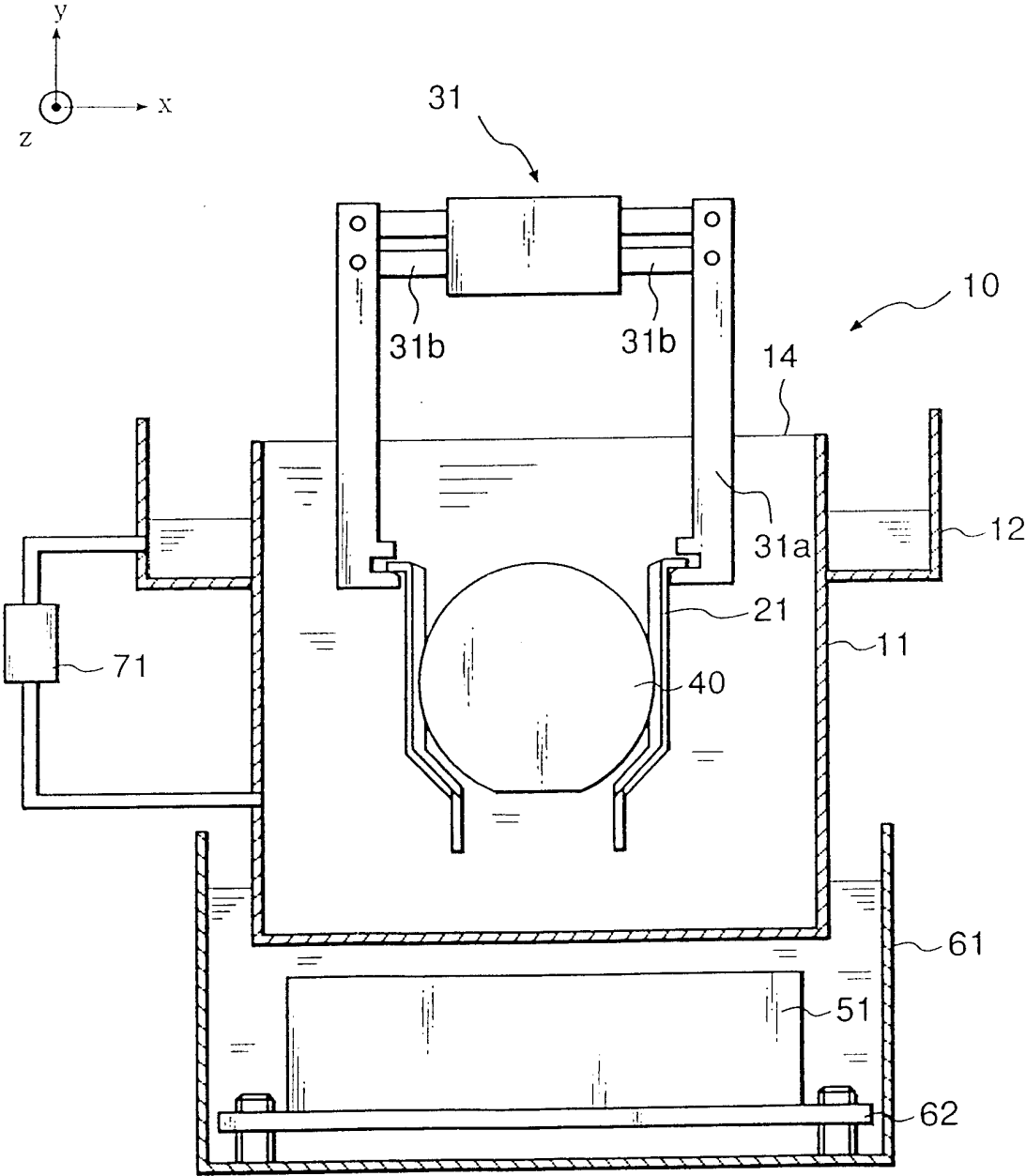


图6

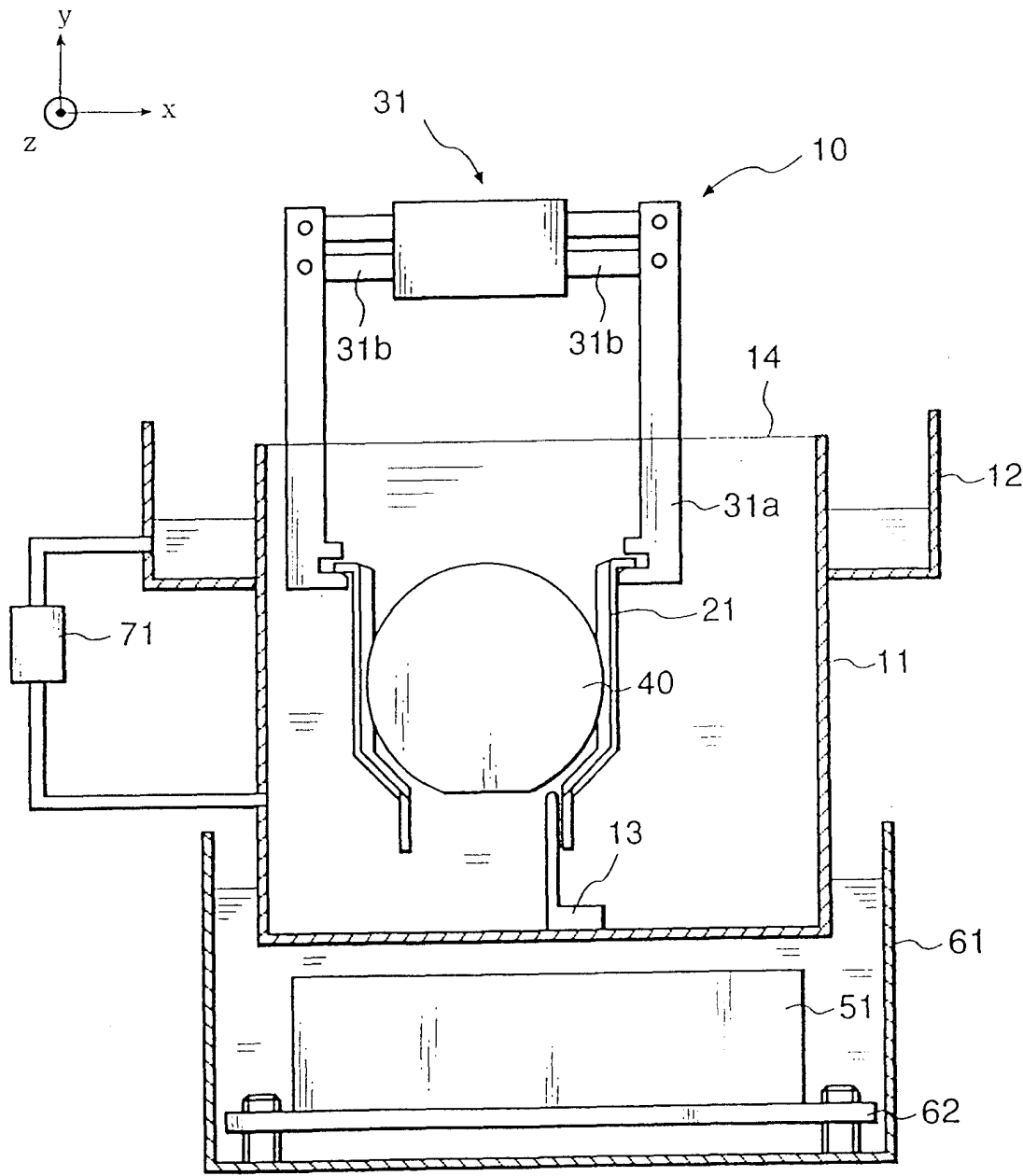


图7A

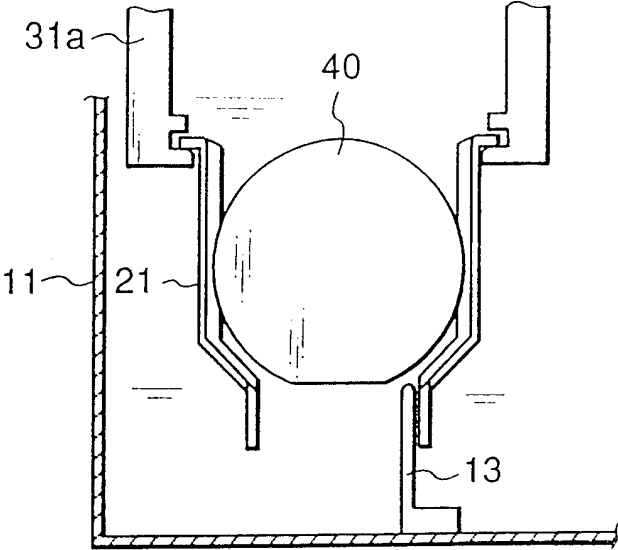


图7B

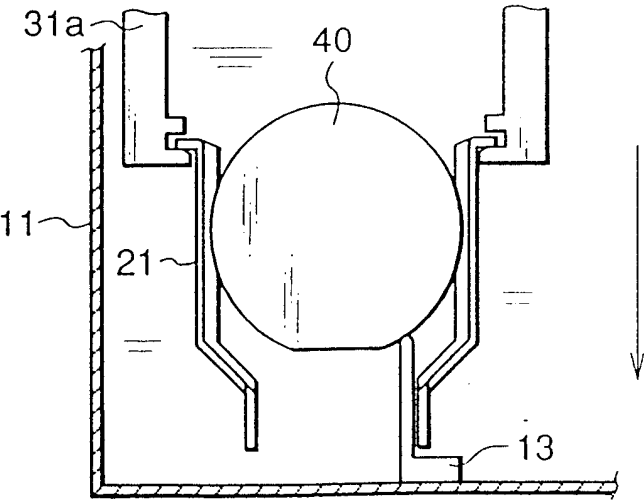


图7C

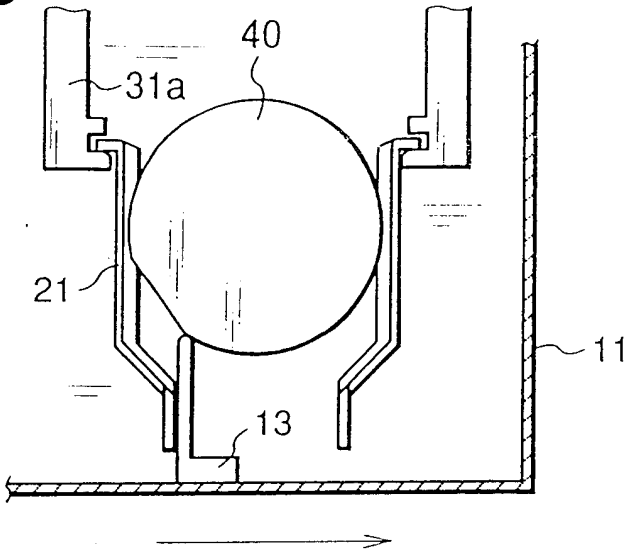
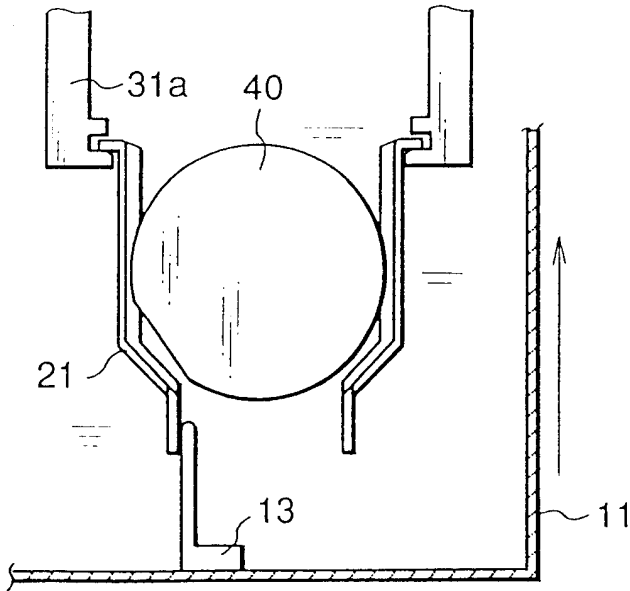


图7D



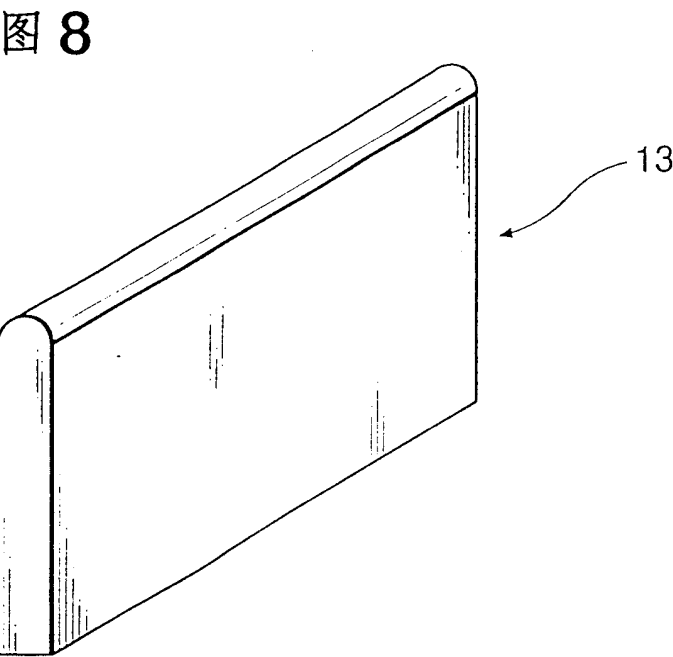
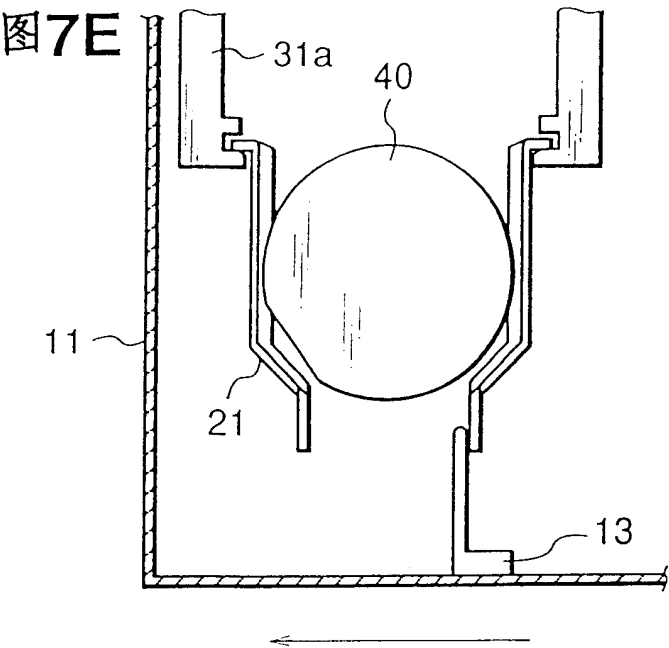
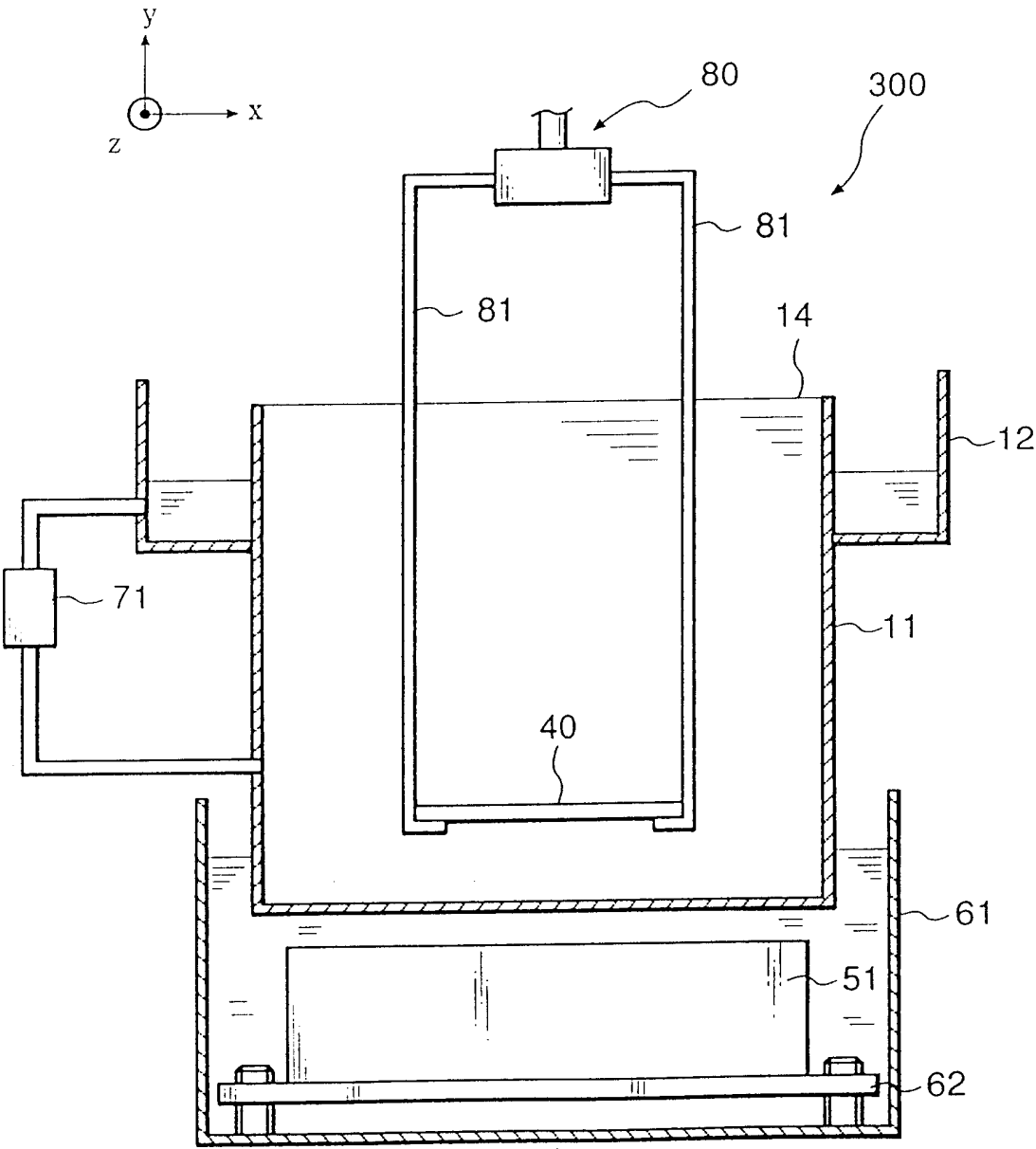


图9



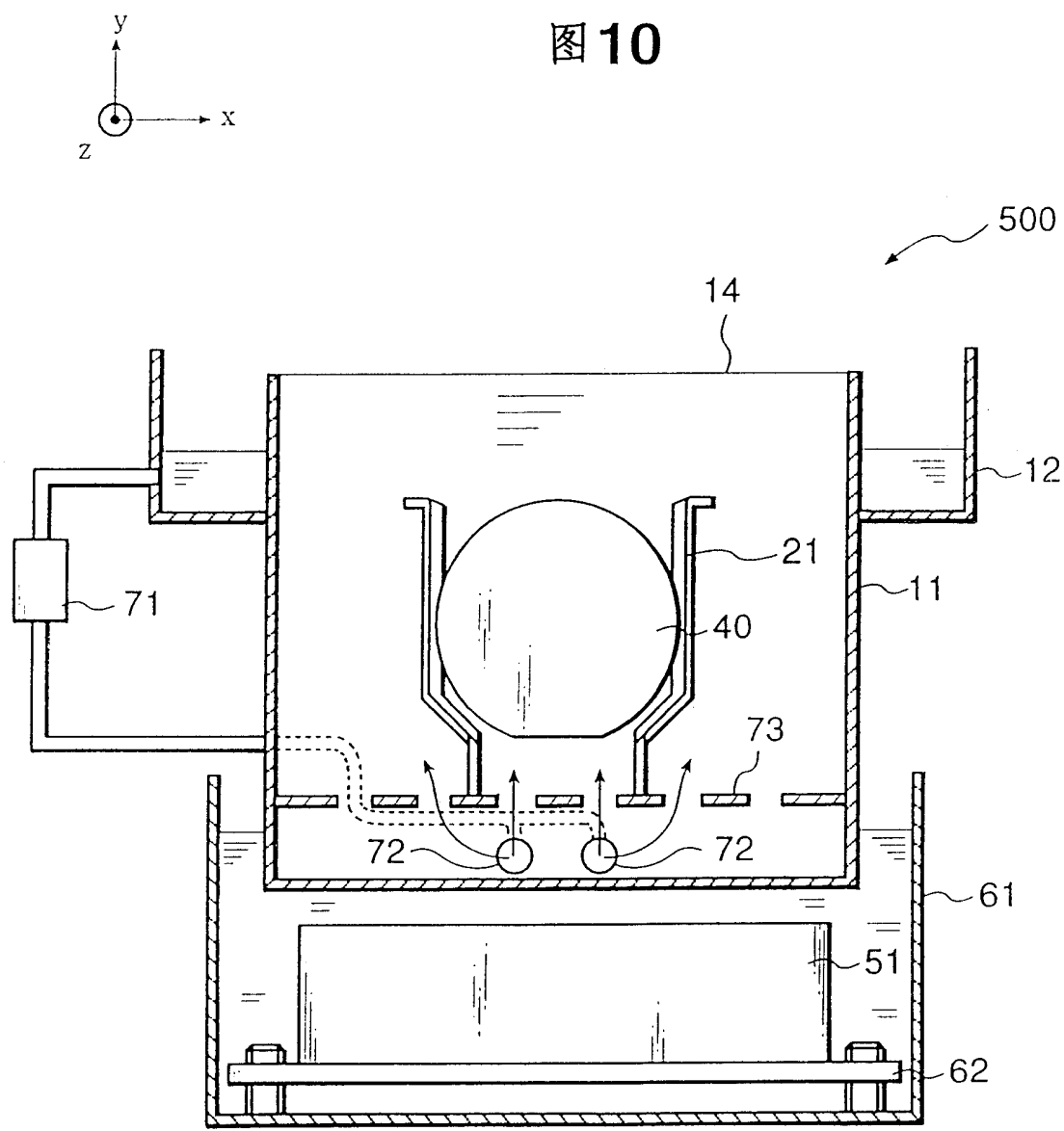


图11A

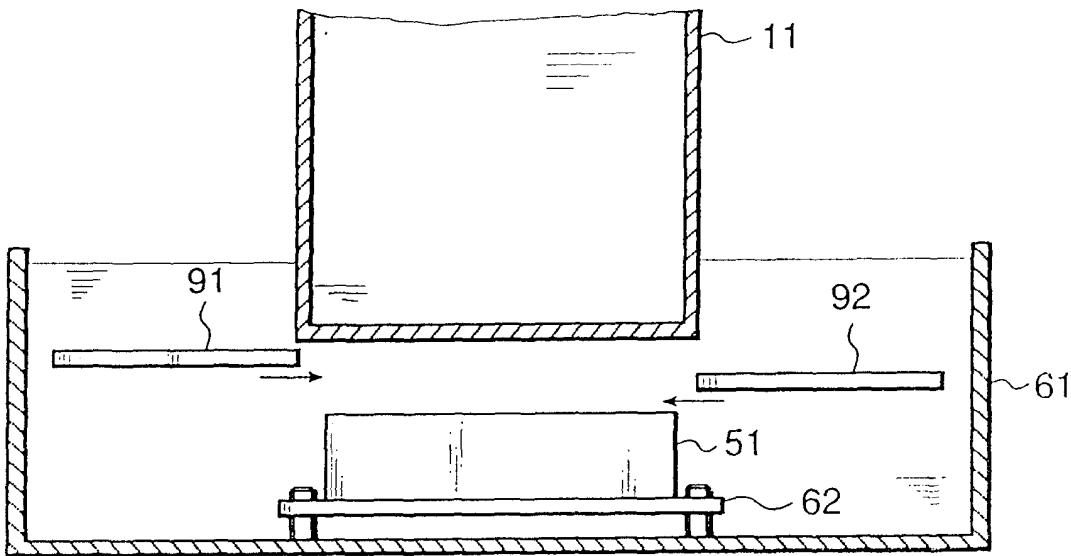
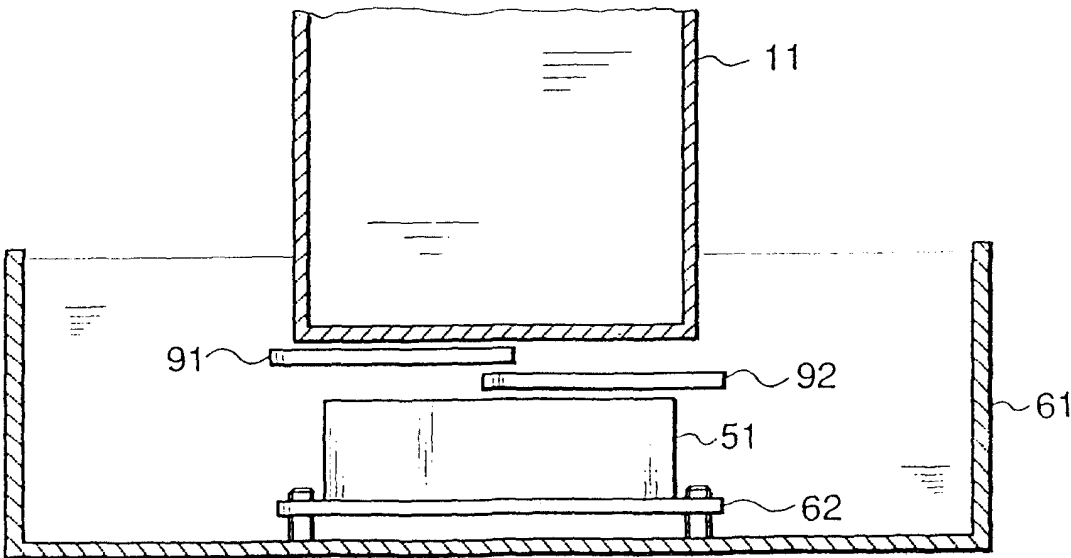


图11B



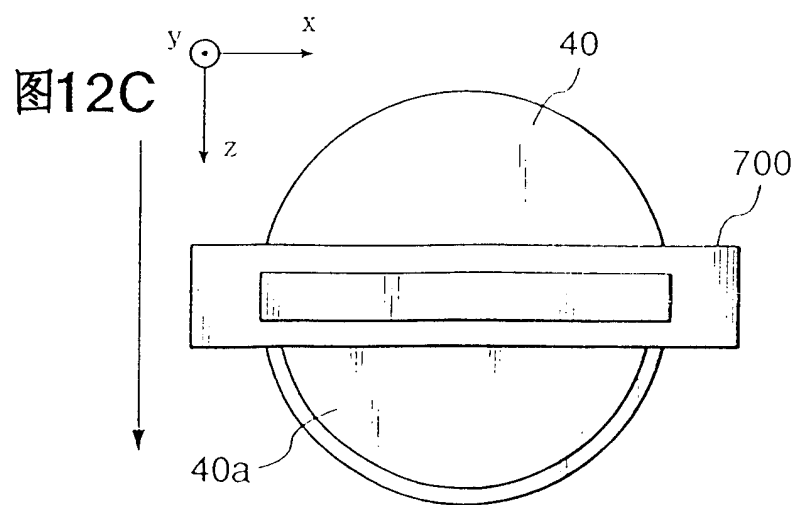
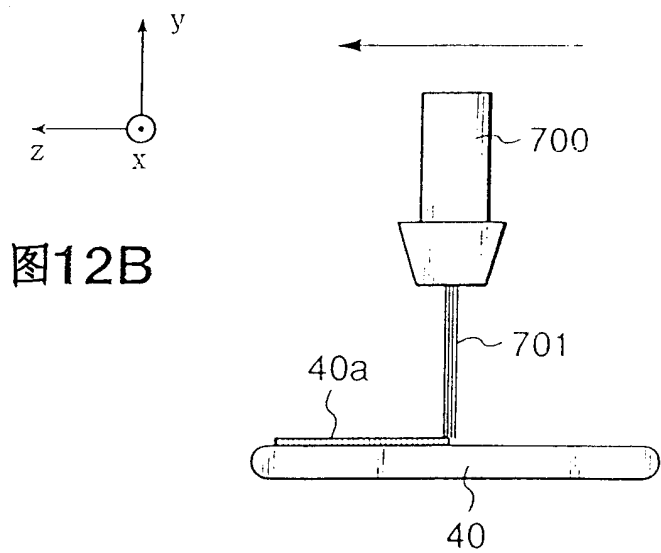
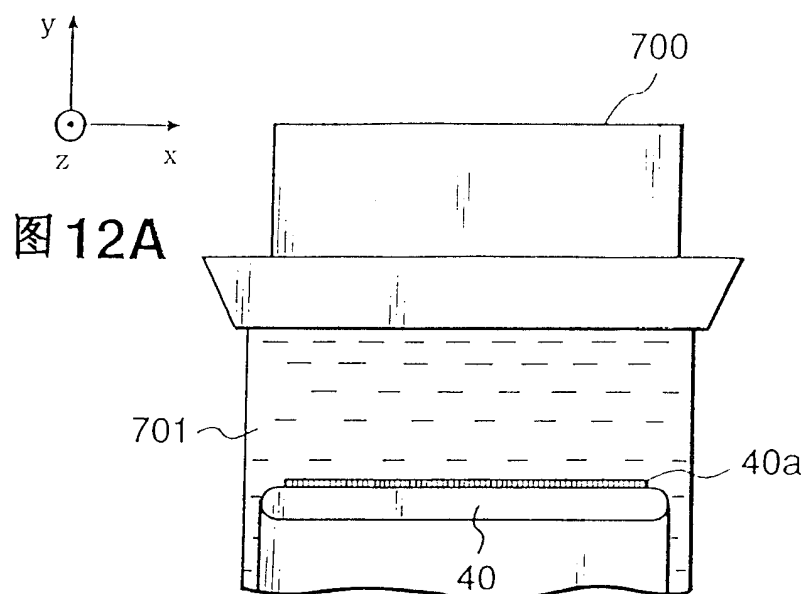


图 13

