

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 21/00

H01L 21/302 B08B 3/00

C11D 1/00 C11D 3/37



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410044791.4

[43] 公开日 2004 年 11 月 3 日

[11] 公开号 CN 1542910A

[22] 申请日 2002. 2. 8

[21] 申请号 200410044791.4

分案原申请号 02800274.1

[30] 优先权

[32] 2001. 2. 9 [33] JP [31] 2001 - 034337

[71] 申请人 株式会社神户制钢所

地址 日本兵库县

[72] 发明人 达里尔·W·彼得斯

马修·I·埃贝

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

代理人 陈长会

权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 5 页

[54] 发明名称 从物体微观结构中去除残余物的方法和装置

[57] 摘要

本发明提供了一种从物体微观结构中去除残余物的方法，该方法包括的步骤有：制备去除剂，该去除剂包含二氧化碳、去除残余物的添加剂、和在加压流体状态下将添加剂溶解于该二氧化碳的助溶剂；将物体与去除剂接触以从物体中去除残余物。还提供了一种用来实现此方法的装置。

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

1. 一种从物体微观结构中去除残余物的组合物，该组合物包含：
5 二氧化碳；
去除残余物的添加剂，该添加剂含有化学式为 $\text{NR}_1\text{R}_2\text{R}_3\text{R}_4\text{F}$ 的氟化物，
其中 R_1 ， R_2 ， R_3 和 R_4 各自独立地为氢或烃基；和
在加压流体状态下将所述添加剂溶解到所述二氧化碳中的助溶剂。
2. 权利要求 1 的组合物，其中所述添加剂还包含碱性化合物。
- 10 3. 权利要求 1 的组合物，其中所述 R_1 ， R_2 ， R_3 和 R_4 是氢。
4. 权利要求 1 的组合物，其中所述 R_1 ， R_2 ， R_3 和 R_4 是烃基。
5. 一种从物体微观结构中去除残余物的组合物，该组合物包含：
二氧化碳；
含有羟基的化合物；和
15 化学式为 $\text{NR}_1\text{R}_2\text{R}_3\text{R}_4\text{F}$ 的氟化物，其中 R_1 ， R_2 ， R_3 和 R_4 各自独立地为氢或烃基。
6. 权利要求 5 的组合物，还包含碱性化合物。
7. 权利要求 6 的组合物，其中所述碱性化合物选自季铵碱、烷基胺、链烷醇胺、羟基胺及其混合物。
- 20 8. 权利要求 5 的组合物，还包含选自二甲基乙酰胺、丙二醇、二甲基亚砷、去离子水、乙酸及其混合物的助溶剂。
9. 权利要求 8 的组合物，其中所述助溶剂包含去离子水。
10. 权利要求 8 的组合物，其中所述助溶剂基本不含水。
11. 权利要求 5 的组合物，其中所述 R_1 ， R_2 ， R_3 和 R_4 是氢。
- 25 12. 权利要求 5 的组合物，其中所述 R_1 ， R_2 ， R_3 和 R_4 是烃基。
13. 权利要求 5 的组合物，其中所述氟化物选自氟化铵、氟化四甲铵、氟化四乙铵、氟化四丁铵、氟化四丙铵、氟化胆碱及其混合物。
14. 权利要求 5 的组合物，其中所述化合物选自乙醇、甲醇、正丙醇、异丙醇、正丁醇、异丁醇、二甘醇一甲醚、二甘醇一乙醚、六氟异丙醇及其
30 混合物。

15. 一种从物体微观结构中去除残余物的组合物，该组合物包含：
二氧化碳，其中二氧化碳为加压或超临界流体状态；
选自碱性化合物、氟化物及其混合物的添加剂，其中所述氟化物的化学式为 $\text{NR}_1\text{R}_2\text{R}_3\text{R}_4\text{F}$ ，其中 R_1 ， R_2 ， R_3 和 R_4 各自独立地为氢或烃基；
- 5 选自乙醇、二甲基乙酰胺、丙二醇、二甲基亚砷、去离子水、乙酸及其混合物的助溶剂。
16. 权利要求 15 的组合物，其中所述添加剂溶解在助溶剂中。
17. 一种从物体微观结构中去除残余物的组合物，该组合物包含：
0.001-8 重量%的选自碱性化合物、氟化物及其混合物的添加剂，其中
10 中所述氟化物的化学式为 $\text{NR}_1\text{R}_2\text{R}_3\text{R}_4\text{F}$ ，其中 R_1 ， R_2 ， R_3 和 R_4 各自独立地为氢或烃基；
1-50 重量%的选自乙醇、二甲基乙酰胺、丙二醇、二甲基亚砷、去离子水、乙酸及其混合物的助溶剂；和
二氧化碳。
- 15 18. 权利要求 17 的组合物，其中所述残余物是选自光致抗蚀剂、紫外线硬化抗蚀剂、X-射线硬化抗蚀剂、灰化抗蚀剂、含有碳-氟的聚合物、等离子蚀刻残余物、有机过程污染物和无机过程污染物的至少一种。

从物体微观结构中去除残余物的方法和装置

5

本申请是中国国家申请号为 02800274.1、国际申请日为 2002 年 2 月 8 日、发明名称为“从物体微观结构中去除残余物的方法和装置”的申请的
分案申请。

10 发明背景

本申请为于 2001 年 2 月 9 日提交日本专利申请 No.2001-034337 的部分继续申请。

发明领域

15 本发明涉及从物体微观结构中去除残余物的方法和装置。本发明特别涉及从含有精致凸凹部分结构的半导体片表面去除残余物的方法和装置，这些残余物如抗蚀剂是在半导体制造过程中产生的。

相关技术的描述

20 在制造半导体片的过程中，需要有一个步骤，该步骤从制造过程的其它步骤中去除残余物，如光致抗蚀剂、紫外线硬化抗蚀剂、X-射线硬化抗蚀剂、灰化抗蚀剂、含有碳-氟的聚合物、等离子蚀刻残余物、有机或无机污染物。通常使用干去除法和湿去除法。在湿去除法中，将半导体片浸入一种含有去除剂的制剂中，如水溶液，制剂中含有去除剂以去除半导体
25 片表面的残余物。近来，因其低粘性，超临界二氧化碳被用作这样的制剂。

然而，超临界二氧化碳自身并不足以从半导体片表面去除几种残余物。为了解决这一问题，建议向超临界二氧化碳中加入几种添加剂。在日本未经审查的专利出版物 No.10-125644 中，甲烷或含有 CF_x 基的表面活性剂被用作超临界二氧化碳的添加剂。在日本未经审查的专利出版物
30 No.8-191063 中，二甲基亚砷或二甲基甲酰胺被用作这样的添加剂。这些

添加剂对残余物的去除并不总有效。

发明概述

因此，本发明的一个目的是提供能够有效地从物体微观结构中去除残余物的方法和装置。

本发明提供了一种从物体中去除残余物的方法，该方法包括的步骤有：制备包含二氧化碳、去除残余物的添加剂、和助溶剂的去除剂，其中的助溶剂将该添加剂以加压流体状态溶解于该二氧化碳；将物体与所述去除剂接触以从物体中去除残余物。

本发明还提供了一种从物体微观结构中去除残余物的方法，该方法包括将物体与去除剂接触的步骤，所述去除剂含有超临界二氧化碳、含有羟基的化合物和化学式为 $\text{NR}_1\text{R}_2\text{R}_3\text{R}_4\text{F}$ 的氟化物，其中 R 代表氢或烷基。

本发明还提供了从物体中去除杂质的装置。该装置包括：容器，至少一个将二氧化碳进料到该容器中的入口，去除残余物的添加剂和将添加剂溶于二氧化碳的助溶剂；将二氧化碳压入该容器的泵，和使该加压二氧化碳保持预定温度的加热器。

附图简述

参照附图和下面的详细描述，本发明前述的和另外的特征将会变得更加显而易见，附图中相同的数字代表相同的元件。其中：

图 1 是依照本发明的去除残余物的装置示意图。

图 2 是依照本发明的去除残余物装置的另一实施方案示意图。

图 3 显示了氟化四甲铵（此后称为“TMAF”）的浓度对蚀刻速度的影响。

图 4 显示了乙醇浓度对蚀刻速度的影响。

图 5 是依照本发明的去除残余物装置的第三种实施方案示意图。

发明的优选实施方案

本发明适用于物体的微观结构，例如：表面含有精致凸凹部分结构的半导体片；和金属、塑料或陶瓷制造的基质，该基质形成或保留着不同材

料的层面，这些层面为连续的或间断的。

由于加压二氧化碳自身不足以去除杂质，所以在本发明中，使用加入了添加剂和助溶剂的加压二氧化碳作为去除剂，以去除物体中的残余物。为此目的而使用的添加剂可以去除杂质，但其自身却基本上不能溶于二氧化碳。为此目的而使用的助溶剂可以使添加剂均匀地溶解或分散于二氧化碳中。

加压二氧化碳有高分散率，而且可以使溶解的残余物分散其中。如果将二氧化碳转换成超临界状态，它将更有效地渗透进入物体的精细图案部分。利用这一特点，因为二氧化碳的粘性低，添加剂被运送到物体表面的孔隙或凹入部分中。二氧化碳被加压到 5MPa 或更高，但是在 31 摄氏度时不低于 7.1MPa，以使二氧化碳转变为超临界流体状态。

添加剂优选碱性化合物，因为它能够有效地水解聚合物，而这些聚合物典型地在半导体制造过程中被用作抗蚀剂。优选的碱性化合物包括选自下列物质的至少一种成分：季铵碱、季铵氟化物、烷基胺、链烷醇胺、羟基胺和氟化铵。优选使用含有下列至少一种物质的化合物来去除半导体片中的酚醛苯酚抗蚀剂：季铵碱、季铵氟化物、羟基胺和氟化铵的化合物。季铵碱可以是任何季铵碱，例如：氢氧化四甲铵、氢氧化四乙铵、氢氧化四丙铵、氢氧化四丁铵（此后称为 TBAH）和胆碱。季铵氟化物可以是任何季铵氟化物，例如：氟化四甲铵（此后称为 TMAF）、氟化四乙铵、氟化四丙铵、氟化四丁铵和氟化胆碱。烷基胺可以是任何烷基胺，例如：甲胺、二甲胺、乙胺、二乙胺、三乙胺、丙胺、二丙胺。链烷醇胺可以是任何链烷醇胺，例如：单乙醇胺、二乙醇胺和三乙醇胺。

添加剂优选以一定比率加入，该比率应该不小于去除剂的 0.001 重量%，更优选不小于去除剂的 0.002 重量%。如果添加剂加入的比率超过 8 重量%，就应该加入更多的助溶剂，但是二氧化碳的量随加入的助溶剂的量升高而降低，这就使二氧化碳对物体表面的渗透率降低。添加剂的上限为 8 重量%，优选 6 重量%，更优选 4 重量%。

依照本发明，助溶剂随添加剂一起加入二氧化碳。本发明的助溶剂是一种对二氧化碳和添加剂都有亲合力的化合物。这样的助溶剂将添加剂以流体状态均匀地溶解或分散在加压二氧化碳中。醇，二甲基亚砷或其混合

物被用作助溶剂。醇可以是任何醇，例如：乙醇、甲醇、正丙醇、异丙醇、正丁醇、异丁醇、二甘醇一甲醚、二甘醇一乙醚、六氟异丙醇，优选乙醇和甲醇。

对助溶剂的量和种类的选择取决于二氧化碳中添加剂的量和种类。助溶剂的量优选5倍或大于5倍添加剂的量，因为去除剂容易变得均匀透明。作为选择，去除剂可以包含助溶剂的量为从1重量%到50重量%。如果加入的助溶剂超过50重量%，由于二氧化碳的量变少，去除剂的渗透率会降低。优选使用的去除剂包括二氧化碳、作为助溶剂的乙醇、作为添加剂的季铵氟化物和/或季铵碱，因为这些添加剂在乙醇辅助下可以很好的溶解于二氧化碳中，并且这些添加剂是亲二氧化碳的。

依照本发明，优选将物体与一种去除剂接触，该去除剂由二氧化碳、化学式为 $\text{NR}_1\text{R}_2\text{R}_3\text{R}_4\text{F}$ 的氟化物（R代表氢或烃基）、和含有羟基的化合物组成，二氧化碳被加以高压或者维持在超临界状态。这种去除剂对去除半导体片表面的灰化残余物更为有效。氟化物可以是任何化学式为 $\text{NR}_1\text{R}_2\text{R}_3\text{R}_4\text{F}$ 的氟化物，其中R代表氢或烃基，例如氟化铵、氟化四甲铵、氟化四乙铵。优选使用R为烃基的氟化物，如氟化四甲铵和氟化四乙铵，因为这样的氟化物是亲二氧化碳的。在本发明中，去除剂可以包括优选范围为去除剂的0.001重量%-5重量%的氟化物，更优选范围为去除剂的0.002重量%-0.02重量%。

当存在含烃基的化合物如醇（例如乙醇、甲醇、正丙醇、异丙醇、正丁醇、异丁醇、苯酚）、二元醇（例如乙二醇、亚甲二醇、聚乙二醇）时，氟化物被用作超临界二氧化碳的添加剂。优选醇是因为它能够有效地、均匀地将氟化物（如TMFA）溶解或分散在超临界二氧化碳中。在醇中，优选乙醇是因为：大量的氟化物（如TMAF）可以在乙醇存在时被溶入超临界二氧化碳。超临界二氧化碳中化合物的浓度取决于氟化物的种类和浓度，以及残余物的种类。近似地，超临界二氧化碳中含有的化合物优选为去除剂的1重量%-20重量%。

优选在超临界二氧化碳中还包含二甲基乙酰胺（此后称为“DMAC”）。二氧化碳中含有的DMAC的重量优选为二氧化碳中氟化物重量的6-7倍。此外，优选超临界二氧化碳基本上不含水，含水对制造半导体片有妨碍。

图 1 显示了本发明去除残余物装置的简化示意图。首先，将表面含有残余物的半导体片引入并放置在高压容器 9 中，而后用高压泵 2 将二氧化碳从二氧化碳汽缸 1 提供给高压容器 9。用自动调温器 10 将高压容器 9 调节到一个特定温度，这个温度可以使高压容器 9 中的加压二氧化碳保持超临界状态。分别用高压泵 4 和 7 将储槽 3 和 6 中的添加剂和助溶剂提供给高压容器 9，而在添加剂和助溶剂被运送到高压容器 9 的过程中，由管路混合器 11 将两者混合。为了设定预定值，分别用阀 5 和 8 来调节添加剂和助溶剂的流率。二氧化碳、添加剂和助溶剂可以被连续供应。

图 2 显示了本发明去除残余物装置的另一实施方案示意图。在该装置中，为了避免不均匀接触，在添加剂和助溶剂被提供给高压容器 9 之前，由管路混合器 11 将两者混合。进料到高压容器 9 的添加剂和助溶剂的比率由比率控制器 12 控制，比率控制器 12 调节加入到高压容器 9 内超临界二氧化碳中的添加剂和/或助溶剂的进料比率。

去除过程是在以下条件下进行的：温度为 31-210 摄氏度，压力为 5MPa-30MPa，优选 7.1MPa-20MPa。去除残余物所需要的时间取决于物体的大小、残余物的数量和种类，通常从 1 分钟到几十分钟。

下面，参照实验描述本发明。

实验 1

该实验是如下进行的：在常压、40-100 摄氏度的条件下，将物体浸入表 1 所示的添加剂中 20 分钟。本实验所用的物体为含有二氧化硅层的硅片，该二氧化硅层涂有酚醛苯酚型抗蚀剂，通过显影形成图案，并用氟气进行干蚀处理，在其表面形成了微观结构。去残率是这样的一个比率：去残后粘有残余物的表面积与去残前粘有残余物的表面积的比率，去残是通过显微镜进行的。术语“×”和术语“○”分别代表比率小于 90%，等于 90%或大于 90%。术语“Ø”代表当添加剂被助溶剂如二甲基亚砷稀释 10 倍的时候，比率为 90%或更高。

所得结果概括于表 1 中。

表 1

添加剂	可去除性
丙酮	×
二甲基甲酰胺	×
二甲基亚砷	×
N-甲基-2-pyroridon	×
碳酸异丙酯	×
甲胺	0
乙胺	0
单乙醇胺	0
四甲基羟铵溶液*	∅
胆碱溶液**	∅
羟基胺溶液***	∅
氟化铵溶液****	∅

*四甲基羟铵溶液（乙醇），包含 25%的四甲基羟铵。

**胆碱溶液（水），包含 50%的胆碱。

***羟基胺溶液（水），包含 50%的羟基胺。

5 ****氟化铵溶液（水：二甲基甲酰胺=1：9），包含 1%的氟化铵。

如表 1 所示，烷基胺（例如甲胺和乙胺），链烷醇胺（例如单乙醇胺），季铵碱（例如 TMAH 和胆碱），羟基胺和氟化铵，都有高可去除性。特别是季铵碱、羟胺和氟化铵，它们有很高的去残率。

10 实验 2

该实验通过图 5 所示的装置实施。实验的目的是为了研究助溶剂对二氧化碳中添加剂的溶解性的影响。用泵 2 将二氧化碳从二氧化碳汽缸 1 引进容器 9 中。用自动调温器 10 使容器的压力和温度保持在 20MPa 和 80 摄氏度。将添加剂和助溶剂以表 2 所示的比率混合，而后用泵 4 将混合槽
15 14 中的混合物引进容器 9 中。将与混合物的量相同的二氧化碳从容器 9 中排出，这样，当混合物引入容器 9 的时候，容器的压力可以维持在 20MPa。助溶剂的作用，即添加剂是否溶于二氧化碳，可以通过容器 9 的

玻璃窗 13 观察到。当添加剂没有溶解于二氧化碳的时候，通过窗子可以观察到两个相。表 2 中的术语“×”表示观察到了两个相。术语“O”表示助溶剂使添加剂均匀地溶解或分散到二氧化碳中（观察不到两个相）。

5

表 2

实验序号	添加剂		助溶剂		观测
		重量%		重量%	
2-1	TMAH	1.21	乙醇	22.1	O
2-2	TMAH	1.50	二甲基亚砷	30.0	O
2-3	TBAH	0.40	乙醇	38.1	O
2-4	胆碱	0.05	乙醇	20.0	O
2-5	胆碱	1.76	乙醇	35.3	O
2-6	胆碱	0.25	乙醇	24.0	O
2-7	胆碱	0.29	异丙醇	27.9	O
2-8	胆碱	0.39	DEGME	38.3	O
2-9	单乙醇胺	0.05	乙醇	25.0	O
2-10	无		无		O
2-11	无		乙醇	20.0	O
2-12	胆碱	0.05	无		×

DEGME: 二甘醇甲醚

如表 2 所示，在实验 2-1——2-9 中，助溶剂的作用得到确认。在实验 2-1——2-9 中，通过窗口观察到的状态是透明的、均匀的、并且无双相。

10

实验 3

该实验通过图 1 所示的装置实施。实验使用的去除剂含有高压二氧化碳、添加剂和助溶剂，其目的是为了去除残余物。该实验中的物体与实验 1 中的物体相同。表 3 列出了去除剂中添加剂和助溶剂的种类和浓度。表 3 中的术语“Ø”，“O”和“×”分别表示去残率为 90%或更高，60%或更高，和 10%或更高。

15

表 3

实验序号	添加剂		助溶剂		比率
		重量%		重量%	
3-1	胆碱	0.05	乙醇	20.0	0
3-2	胆碱	1.70	乙醇	35.3	∅
3-3	TMAH	1.21	甲醇	22.2	∅
3-4	TMAH	1.50	二甲基亚砷	30.0	∅
3-5	无		无		×
3-6	无		乙醇	20.0	×
3-7	无		二甲基亚砷	30.0	×

如表 3 所示，在实验 3-1——3-4 中，残余物被有效地去除。

实验 4

- 5 该实验使用去除剂来实施，该去除剂包含添加剂 H、I、G、J、L 和 K，这些添加剂含有化学式为 $NR_1R_2R_3R_4F$ 的氟化物（R 代表氢或烃基）。实验的目的是从半导体片表面去除残余物。表 4 列出了这些添加剂的组合物。

表 4 添加剂组合物

添加剂	氟化物(添加剂的重量%)	其它组分(添加剂的重量%)	
H	TMAF (13.43)	DMAC (62.5)	DIW (24.07)
I	TMAF (4.48)	DMAC (67.5)	DIW (28.02)
G	NH ₄ F (5.0)	DMAC (64.2)	DIW (12.4), AcOH (8.0), NH ₄ OAc (10.4)
J	TBAF (25)	DMAC (43)	乙醇 (32)
L	TBAF (32)	DMAC (39)	乙醇 (29)
K	TMAF (5)	DMAC (62.5)	乙醇 (32.5)

10 DMAC: 二甲基乙酰胺

DIW: 去离子水

TMAF: 氟化四甲铵

PG: 丙二醇

DMSO: 二甲基亚砷

AcOH: 乙酸

TBAF: 氟化四丁铵

5 NH₄OAc: 醋酸铵

在该实验中，使用了三种硅片 A、B 和 C。这些硅片表面有不同的图案，而且其抗蚀剂的去除特性也不同。制备硅片以使其表面产生硅的热氧化物，将其弄成碎片（1cm×1cm）。在氟气中蚀刻这些碎片。然后用等离子体灰化碎片上的抗蚀剂以产生灰化抗蚀剂。将这些碎片放置到高压容器 9 中。制备添加剂 H, I, G, J, K, L 的溶液，以使氟化物分别溶解于表 4 所列出的其它组分中。而后，将这些添加剂和二氧化碳、乙醇引入到图 1 的高压容器中。在高压容器 9 中，二氧化碳的温度为 40 摄氏度，压力为 15MPa，碎片与二氧化碳接触的时间为 3 分钟。将碎片从高压容器 9 15 中取出来，用电子显微镜观察。表 5 概述了实验结果。

表 5

组	片	添加剂	去除剂中的浓度 (重量%)		结果
			添加剂	乙醇	
1	A	H	0.05	5	极好
2	A	I	0.05	5	极好
3	B	H	0.05	5	一般
4	B	H	0.10	5	极好
5	B	H	0.25	5	一般
6	B	I	0.05	5	一般
7	C	H	0.10	5	极好
8	A	G	0.05	5	一般, 但需要水 冲洗以去除新出 现的残余物
9	A	J	0.05	5	极好
10	A	K	0.05	5	极好
11	A	L	0.05	5	极好
12	B	J	0.10	5	极好
13	B	K	0.10	5	极好
14	B	L	0.10	5	极好

用在超临界二氧化碳中溶解了 0.05 重量%的 H 和 5 重量%乙醇的溶液及溶解了 0.05 重量%的 I 和 5 重量%乙醇的溶液清洗晶片-A 表面的灰化抗蚀剂。术语“极好”表示没有残余物留在硅片(碎片)表面。术语“一般”表示有少量残余物留在表面或者图案有一些消失。在组 8 中使用了 NH_4F , 由于在硅片(碎片)的表面新出现了水溶的残余物, 需要用水清洗以去除此残余物。在组 1-组 7 和组 9-组 14 中, 不需要在去残步骤以后再进行水洗。在这些情况中, 优选使用含有二氧化碳和醇例如甲醇和乙醇、但不含水的溶剂来清洗硅片。此外, 在使用添加剂 J, K 和 L 的情况下, 去残和清洗的步骤基本上都不需要水。由于水对制造半导体片有妨碍, 因而这种

基本上不用水的方法较好。

晶片-C 含有较难从硅片（碎片）表面除去的灰化抗蚀剂。为了去掉这些抗蚀剂，需要更长的去除时间（比晶片-B 长 3 倍）。结果极好。

5 实验 5

制备硅片以使其表面产生硅的热氧化物，并将其弄成碎片。把这些碎片放置到图 1 所示的高压容器 9 中。而后将包含二氧化碳、添加剂和乙醇的去除剂引入高压容器 9 中。在经过几十分钟的去除处理后，取出碎片，用椭圆光度计测量碎片上热氧化物的厚度。热氧化物的蚀刻率由厚度减少量除以处理时间确定。超临界状态二氧化碳的温度为 40 摄氏度，压力为 15MPa，处理时间为 20-60 分钟。

表 6 概述了实验结果

表 6

添加剂	去除剂中的浓度 (重量%)		硅热氧化物的 蚀刻率 (埃/分)
	添加剂	乙醇	
H	0.030	5.9	2.4
H	0.047	4.7	4.6
H	0.228	4.3	7.5
I	0.025	5.1	1.4
I	0.044	2.2	3.3
I	0.048	4.8	1.6
I	0.049	4.8	1.6
I	0.050	5.0	1.7
I	0.050	10.0	0.3
I	0.056	5.5	1.6
I	0.057	2.8	2.0
I	0.057	5.6	1.9
I	0.071	3.5	3.7
I	0.248	4.7	5.3
G	0.005	5.1	1.1
G	0.012	4.7	-0.1
G	0.028	5.5	3.9
G	0.039	5.1	8.3
G	0.043	4.2	7.9
G	0.044	4.4	5.1

表 6 中的这些数据绘制在图 3 和 4 中。如图 3 所示，热氧化物的蚀刻率取决于添加剂的浓度。此外，如表 4 中所示，如果添加剂的浓度保持不变，蚀刻率随乙醇浓度变化。可以依照去除物或去除方法来操纵蚀刻率。如图 3 和 4 所示，可以通过调节添加剂浓度、乙醇浓度、以及两者的比率来操纵蚀刻率。

本发明的基本原理，优选实施方案和操作模式，已经在前述的说明书中得到描述。然而，所要保护的发明并不局限于所公开的特定实施方案。此处描述的实施方案是例证性的，而非限制性的。别人可以在不离开本发明精神的情况下，作出变化和改变、使用等价物。因此特别强调的是：

5 所有权利要求中定义的、属于本发明精神和范围内的这些变化、改变和等价物，都应该包含在本发明中。

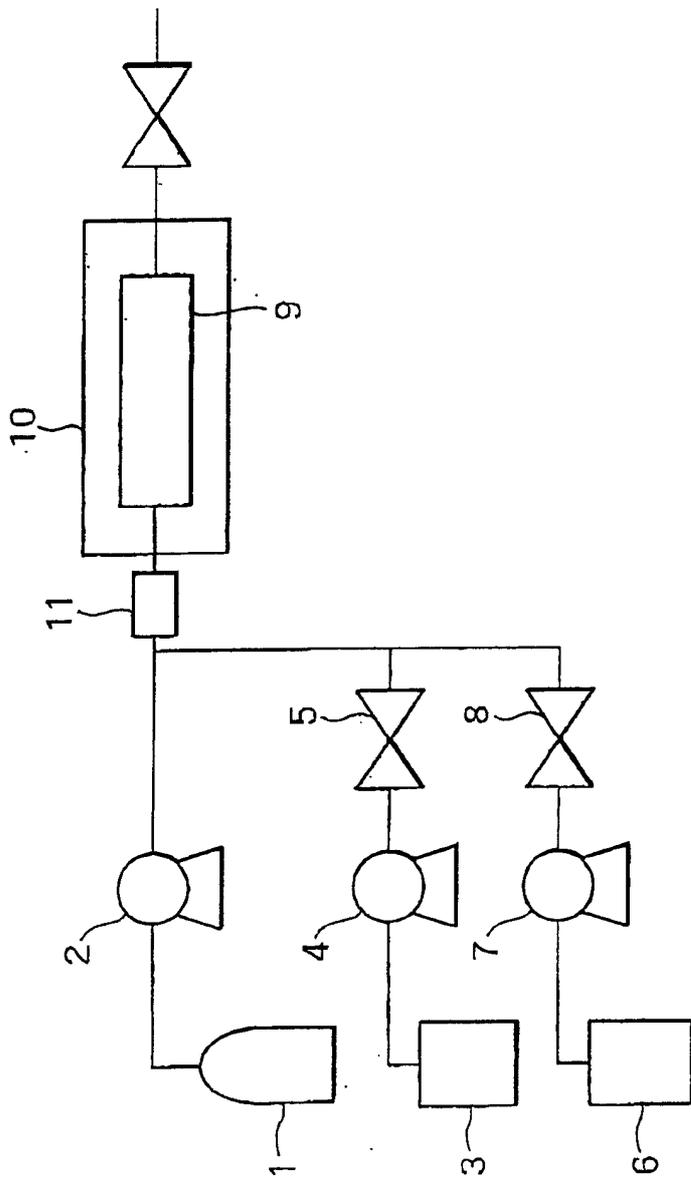


图 1

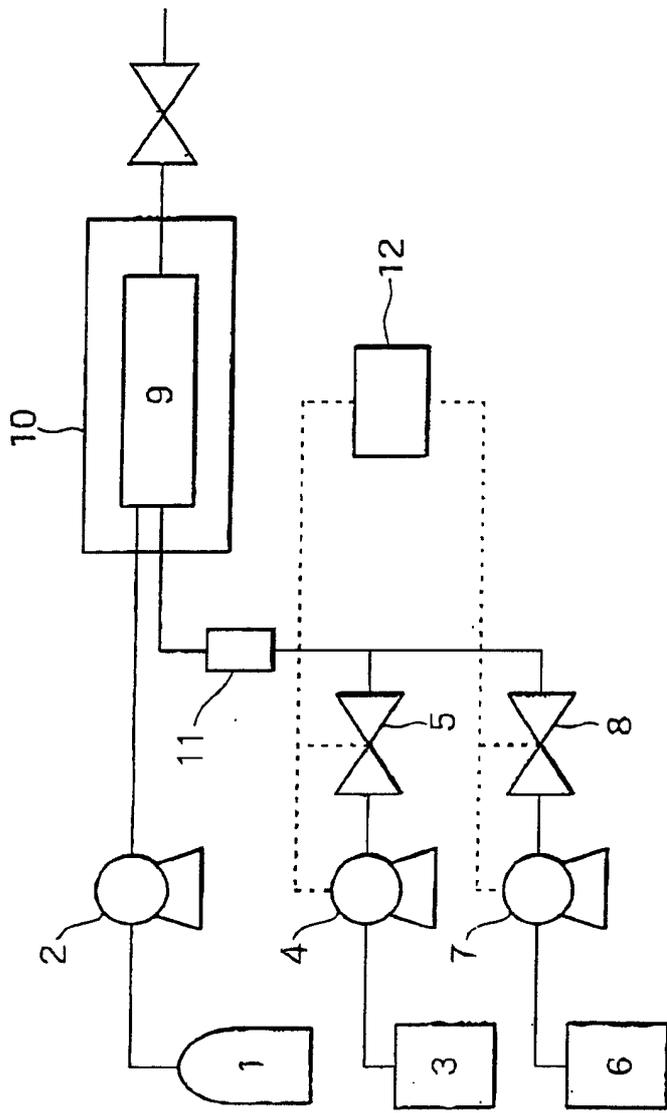


图 2

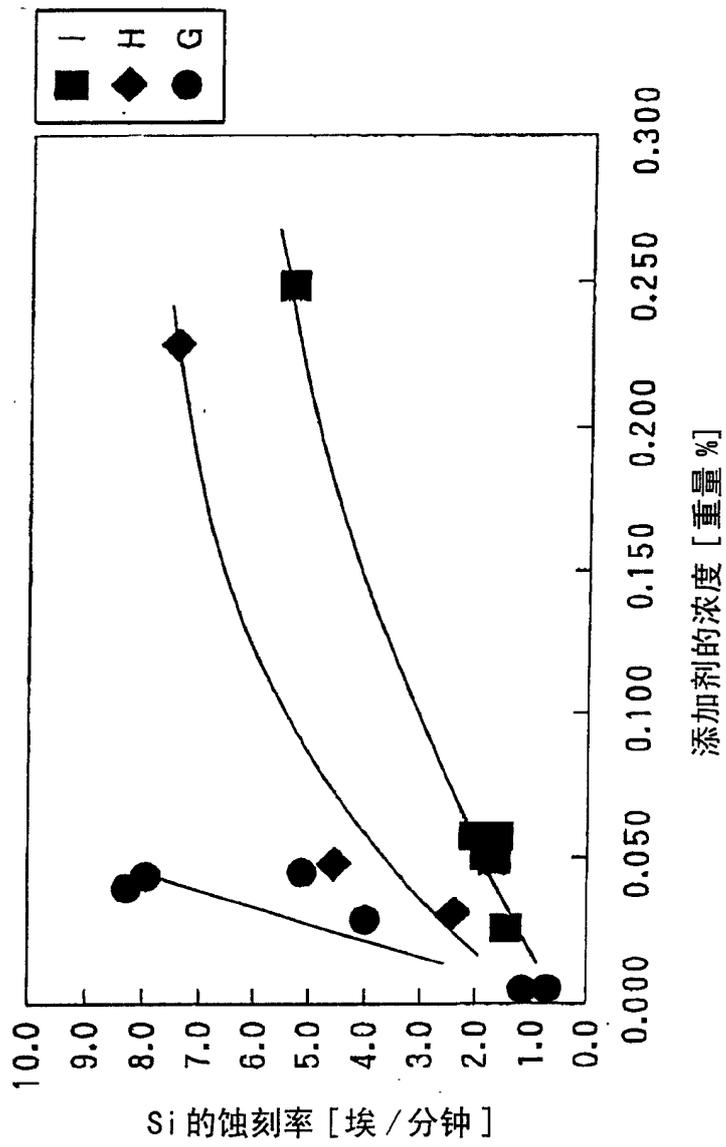


图 3

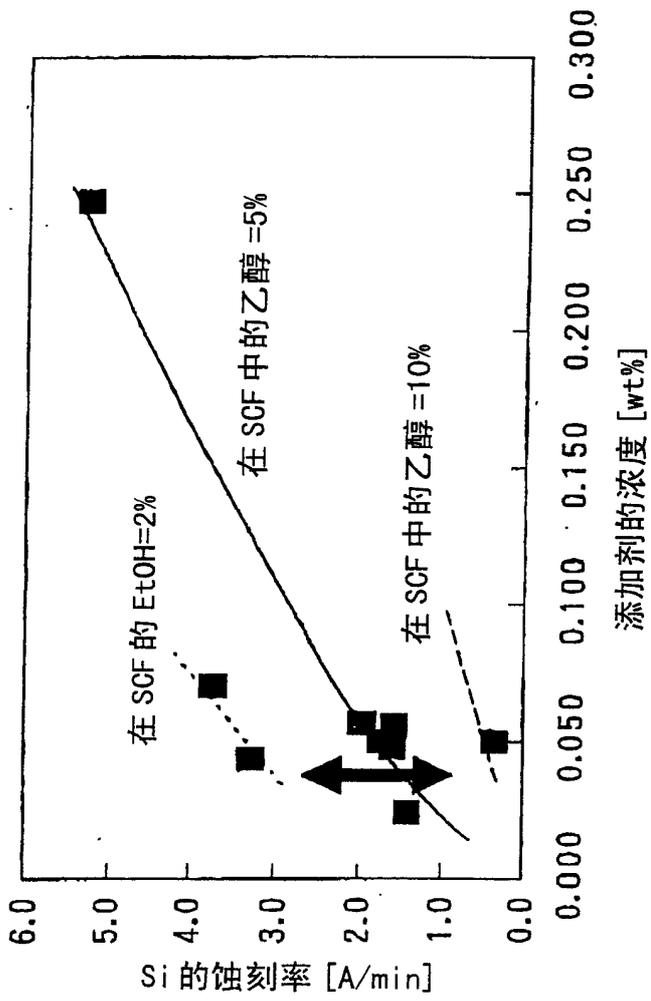


图 4

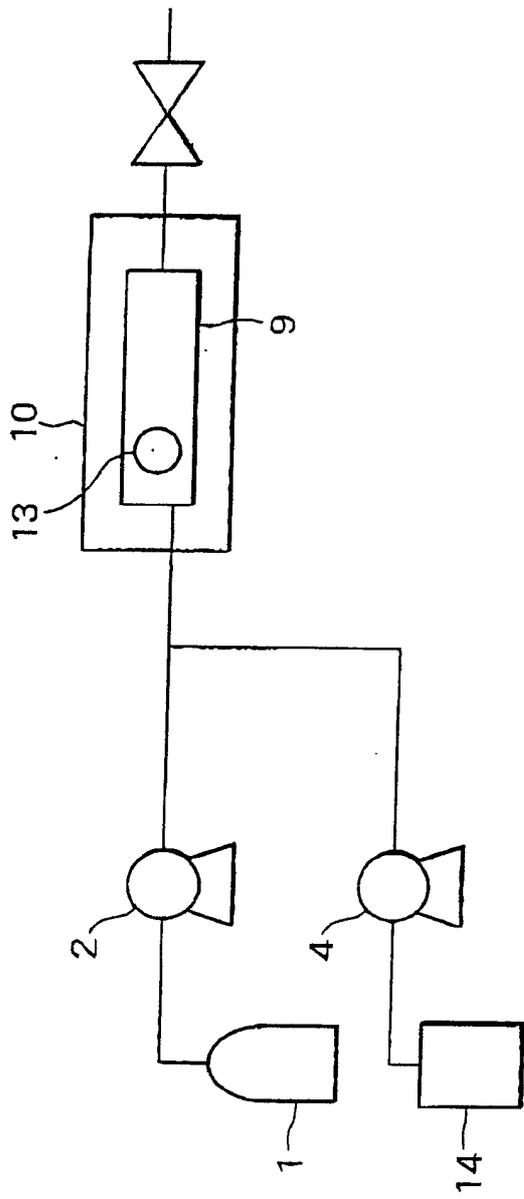


图 5