



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116034455 A

(43) 申请公布日 2023. 04. 28

(21) 申请号 202280005781.6

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

(22) 申请日 2022.03.31

专利代理师 陈建全

(30) 优先权数据

63/172,316 2021.04.08 US

(51) Int.Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.02.27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/016596 2022.03.31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/215649 JA 2022.10.13

(71) 申请人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 须田隆太郎 户村幕树 木原嘉英

三浦太树 朴宰永 福永裕介

权利要求书2页 说明书15页 附图11页

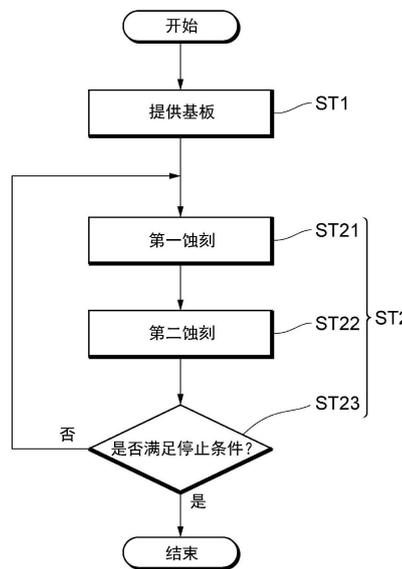
(54) 发明名称

蚀刻方法和等离子体处理系统

体。

(57) 摘要

提供一种抑制蚀刻的形状异常的技术。提供一种在具有腔室的等离子体处理装置中执行的蚀刻方法。该方法包含下述的工序：(a) 将具有含硅膜和含硅膜上的掩模的基板提供至腔室内的基板支撑部上的工序；和(b) 将含硅膜进行蚀刻的工序，所述(b)的工序包含下述的工序：(b-1) 使用由第一处理气体生成的等离子体将含硅膜进行蚀刻的工序，其中，所述第一处理气体含有氟化氢气体和控制氟化氢与含硅膜的反应的反应控制气体，第一处理气体中，作为反应控制气体，含有促进反应的反应促进气体和抑制反应的反应抑制气体中的至少一者；和(b-2) 使用由含有氟化氢气体的第二处理气体生成的等离子体将含硅膜进行蚀刻的工序，其中，第二处理气体中，以比第一处理气体中的反应促进气体小的分压含有促进反应的反应促进气体、和/或以比第一处理气体中的反应抑制气体高的分压含有抑制反应的反应抑制气体、或不含有反应控制气



1. 一种蚀刻方法,其是在具有腔室的等离子体处理装置中执行的蚀刻方法,所述蚀刻方法包含下述的工序:

(a) 将具有含硅膜和所述含硅膜上的掩模的基板提供至腔室内的工序;和

(b) 将所述含硅膜进行蚀刻的工序,

所述(b)的工序包含下述的工序:

(b-1) 使用由第一处理气体生成的等离子体将所述含硅膜进行蚀刻的工序,其中,所述第一处理气体含有氟化氢气体和控制氟化氢与所述含硅膜的反应的反应控制气体,所述第一处理气体中,作为所述反应控制气体,含有促进所述反应的反应促进气体和抑制所述反应的反应抑制气体中的至少一者;和

(b-2) 使用由含有氟化氢气体的第二处理气体生成的等离子体将所述含硅膜进行蚀刻的工序,其中,所述第二处理气体中,以比所述第一处理气体中的反应促进气体小的分压含有促进所述反应的反应促进气体、和/或以比所述第一处理气体中的反应抑制气体高的分压含有抑制所述反应的反应抑制气体、或不含有所述反应控制气体。

2. 根据权利要求1所述的蚀刻方法,其中,在所述(b)的工序中,在所述(b-1)的工序之后进行所述(b-2)的工序。

3. 根据权利要求1所述的蚀刻方法,其中,在所述(b)的工序中,在所述(b-2)的工序之后进行所述(b-1)的工序。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的蚀刻方法,其中,在所述(b)的工序中,交替反复进行所述(b-1)的工序和所述(b-2)的工序。

5. 根据权利要求1~3中任一项所述的蚀刻方法,其中,在所述(b)的工序中,根据通过蚀刻而在所述含硅膜上形成的凹部的深度、该凹部的长宽比以及蚀刻时间中的至少一者来进行所述(b-1)的工序和所述(b-2)的工序的切换。

6. 根据权利要求1~3中任一项所述的蚀刻方法,其中,在所述(b-1)的工序中,利用具有第一占空比的源RF信号的脉冲波,从所述第一处理气体生成等离子体,

在所述(b-2)的工序中,利用具有比所述第一占空比小的第二占空比的源RF信号的脉冲波,从所述第二处理气体生成等离子体。

7. 根据权利要求1~3中任一项所述的蚀刻方法,其中,所述反应促进气体是选自含磷气体、含氮气体和含氢气体中的至少一种。

8. 根据权利要求7所述的蚀刻方法,其中,所述含磷气体是卤化磷气体。

9. 根据权利要求7所述的蚀刻方法,其中,所述含氮气体是选自 $\text{NH}_3$ 气体、 $\text{NF}_3$ 气体、 $\text{NO}$ 气体和 $\text{NO}_2$ 气体中的至少一种。

10. 根据权利要求7所述的蚀刻方法,其中,所述含氢气体是具有OH基的气体。

11. 根据权利要求1~3中任一项所述的蚀刻方法,其中,所述反应抑制气体是含氯气体。

12. 根据权利要求11所述的蚀刻方法,其中,所述含氯气体是选自 $\text{Cl}_2$ 气体、 $\text{SiCl}_2$ 气体、 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 气体、 $\text{SiCl}_4$ 气体、 $\text{Si}_2\text{Cl}_6$ 气体、 $\text{CHCl}_3$ 气体、 $\text{CCl}_4$ 气体和 $\text{BCl}_3$ 气体中的至少一种。

13. 根据权利要求1~3中任一项所述的蚀刻方法,其中,在所述第一处理气体和所述第二处理气体的任一者中,除了不活泼气体以外,氟化氢气体的分压都最大。

14. 根据权利要求1~3中任一项所述的蚀刻方法,其中,所述第一处理气体和所述第二

处理气体中的至少一者进一步含有选自含碳气体、含氧气体、不含碳的含氟气体和含氟以外的卤素气体中的至少一种。

15. 根据权利要求1~3中任一项所述的蚀刻方法,其中,所述第一处理气体中所含有的反应抑制气体与所述第二处理气体中所含有的反应抑制气体为彼此相同种类的气体。

16. 根据权利要求1~3中任一项所述的蚀刻方法,其中,所述第一处理气体中所含有的反应促进气体与所述第二处理气体中所含有的反应促进气体为彼此相同种类的气体。

17. 一种蚀刻方法,其是在具有腔室的等离子体处理装置中执行的蚀刻方法,所述蚀刻方法包含下述的工序:

(a) 将具有含硅膜和所述含硅膜上的掩模的基板提供至腔室内的工序;和

(b) 将所述含硅膜进行蚀刻的工序,

并包含下述的工序:

(b-1) 使用由第一处理气体生成的含有氟化氢的活性种的等离子体将所述含硅膜进行蚀刻的工序,其中,所述第一处理气体中,作为控制氟化氢与所述含硅膜的反应的反应控制气体,含有促进所述反应的反应促进气体和抑制所述反应的反应抑制气体中的至少一者;和

(b-2) 使用由第二处理气体生成的含有氟化氢的活性种的等离子体将所述含硅膜进行蚀刻的工序,其中,所述第二处理气体中,以比所述第一处理气体中的反应促进气体小的分压含有促进所述反应的反应促进气体、和/或以比所述第一处理气体中的反应抑制气体高的分压含有抑制所述反应的反应抑制气体、或不含有所述反应控制气体。

18. 根据权利要求17所述的蚀刻方法,其中,所述氟化氢的活性种由氟化氢气体或氢氟碳化物气体中的至少一种气体生成。

19. 根据权利要求17所述的蚀刻方法,其中,所述氟化氢的活性种由含氟气体和含氢气体生成。

20. 一种等离子体处理系统,其具备:腔室、设置于所述腔室内的基板支撑部、等离子体生成部和控制部,

所述控制部执行下述的控制:

(a) 将具有含硅膜和所述含硅膜上的掩模的基板提供至腔室内的基板支撑部上的控制;和

(b) 将所述含硅膜进行蚀刻的控制,

所述(b)的控制包含下述的控制:

(b-1) 使用由第一处理气体生成的等离子体将所述含硅膜进行蚀刻的控制,其中,所述第一处理气体含有氟化氢气体和控制氟化氢与所述含硅膜的反应的反应控制气体,所述第一处理气体中,作为反应控制气体,含有促进所述反应的反应促进气体和抑制所述反应的反应抑制气体中的至少一者;和

(b-2) 使用由含有氟化氢气体的第二处理气体生成的等离子体将所述含硅膜进行蚀刻的控制,其中,所述第二处理气体中,以比所述第一处理气体中的反应促进气体小的分压含有促进所述反应的反应促进气体、和/或以比所述第一处理气体中的反应抑制气体高的分压含有抑制所述反应的反应抑制气体、或不含有所述反应控制气体。

## 蚀刻方法和等离子体处理系统

### 技术领域

[0001] 本公开的例示性实施方式涉及蚀刻方法和等离子体处理系统。

### 背景技术

[0002] 在专利文献1中,公开了使用含有非晶碳或有机聚合物的掩模对含有硅的基板内的膜进行蚀刻的技术。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2016-39310号公报

### 发明内容

[0006] 发明所要解决的课题

[0007] 本公开提供一种抑制蚀刻的形状异常的技术。

[0008] 用于解决课题的手段

[0009] 在本公开的一个例示性实施方式中,提供一种蚀刻方法,其是在具有腔室的等离子体处理装置中执行的蚀刻方法,所述蚀刻方法包含下述的工序:(a)将具有含硅膜和所述含硅膜上的掩模的基板提供至腔室内的基板支撑部上的工序;和(b)将所述含硅膜进行蚀刻的工序,所述(b)的工序包含下述的工序:(b-1)使用由第一处理气体生成的等离子体将所述含硅膜进行蚀刻的工序,其中,所述第一处理气体含有氟化氢气体和控制氟化氢与所述含硅膜的反应的反应控制气体,所述第一处理气体中,作为反应控制气体,含有促进所述反应的反应促进气体和抑制所述反应的反应抑制气体中的至少一者;和(b-2)使用由含有氟化氢气体的第二处理气体生成的等离子体将所述含硅膜进行蚀刻的工序,其中,所述第二处理气体中,以比所述第一处理气体中的反应促进气体小的分压含有促进所述反应的反应促进气体、和/或以比所述第一处理气体中的反应抑制气体高的分压含有抑制所述反应的反应抑制气体、或不含有所述反应控制气体。

[0010] 发明效果

[0011] 根据本公开的一个例示性实施方式,能够提供一种抑制蚀刻的形状异常的技术。

### 附图说明

[0012] 图1是示意性地表示例示性等离子体处理系统的图。

[0013] 图2是表示本处理方法的例示性实施方式的流程图。

[0014] 图3是表示基板W的截面结构的一个例子的图。

[0015] 图4是在使用了反应促进气体的情况下的工序ST2的时序图的一个例子。

[0016] 图5是在使用了反应抑制气体的情况下的工序ST2的时序图的一个例子。

[0017] 图6A是表示H期间结束时的基板W的截面结构的一个例子的图。

[0018] 图6B是表示L期间结束时的基板W的截面结构的一个例子的图。

- [0019] 图7是在使用了反应促进气体的情况下的工序ST2的时序图的另一个例子。
- [0020] 图8是在使用了反应抑制气体的情况下的工序ST2的时序图的另一个例子。
- [0021] 图9A是表示H1期间结束时的基板W的截面结构的一个例子的图。
- [0022] 图9B是表示L1期间结束时的基板W的截面结构的一个例子的图。
- [0023] 图10是表示本处理方法的变形例的流程图。
- [0024] 图11是表示本处理方法的变形例的流程图。

### 具体实施方式

- [0025] 以下,对本公开的各实施方式进行说明。
- [0026] 在一个例示性实施方式中,提供一种蚀刻方法,其是在具有腔室的等离子体处理装置中执行的蚀刻方法,所述蚀刻方法包含下述的工序:(a)将具有含硅膜和所述含硅膜上的掩模的基板提供至腔室内的基板支撑部上的工序;和(b)将含硅膜进行蚀刻的工序,(b)的工序包含下述的工序:(b-1)使用由第一处理气体生成的等离子体将含硅膜进行蚀刻的工序,其中,所述第一处理气体含有氟化氢气体和控制氟化氢与含硅膜的反应的反应控制气体,第一处理气体中,作为反应控制气体,含有促进反应的反应促进气体和抑制反应的反应抑制气体中的至少一者;和(b-2)使用由含有氟化氢气体的第二处理气体生成的等离子体将含硅膜进行蚀刻的工序,其中,所述第二处理气体中,以比第一处理气体中的反应促进气体小的分压含有促进反应的反应促进气体、和/或以比第一处理气体中的反应抑制气体高的分压含有抑制反应的反应抑制气体、或不含有所述反应控制气体。
- [0027] 在一个例示性实施方式中,提供一种蚀刻方法,其中,在(b)的工序中,在(b-1)的工序之后进行(b-2)的工序。
- [0028] 在一个例示性实施方式中,提供一种蚀刻方法,其中,在(b)的工序中,在(b-2)的工序之后进行(b-1)的工序。
- [0029] 在一个例示性实施方式中,在(b)的工序中,交替反复进行(b-1)的工序和(b-2)的工序。
- [0030] 在一个例示性实施方式中,在(b)的工序中,根据通过蚀刻而在含硅膜上形成的凹部的深度、凹部的长宽比以及蚀刻时间中的至少一者来进行(b-1)的工序和(b-2)的工序的切换。
- [0031] 在一个例示性实施方式中,在(b-1)的工序中,利用具有第一占空比的源RF信号的脉冲波,从第一处理气体生成等离子体,在(b-2)的工序中,利用具有比第一占空比小的第二占空比的源RF信号的脉冲波,从第二处理气体生成等离子体。
- [0032] 在一个例示性实施方式中,反应促进气体是选自含磷气体、含氮气体和含氢气体中的至少一种。
- [0033] 在一个例示性实施方式中,含磷气体是卤化磷气体。
- [0034] 在一个例示性实施方式中,含氮气体是选自 $\text{NH}_3$ 气体、 $\text{NF}_3$ 气体、 $\text{NO}$ 气体和 $\text{NO}_2$ 气体中的至少一种。
- [0035] 在一个例示性实施方式中,含氢气体是具有OH基的气体。
- [0036] 在一个例示性实施方式中,反应抑制气体是含氯气体。
- [0037] 在一个例示性实施方式中,含氯气体是选自 $\text{Cl}_2$ 气体、 $\text{SiCl}_2$ 气体、 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 气体、

SiCl<sub>4</sub>气体、Si<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>气体、CHCl<sub>3</sub>气体、CCl<sub>4</sub>气体和BCl<sub>3</sub>气体中的至少一种。

[0038] 在一个例示性实施方式中,在第一处理气体和第二处理气体的任一者中,除了不活泼气体以外,氟化氢气体的分压都最大。

[0039] 在一个例示性实施方式中,第一处理气体和所述第二处理气体中的至少一者进一步含有选自含碳气体、含氧气体、不含碳的含氟气体和含氟以外的卤素气体中的至少一种。

[0040] 在一个例示性实施方式中,第一处理气体中所含有的反应抑制气体和第二处理气体中所含有的反应抑制气体为彼此相同种类的气体。

[0041] 在一个例示性实施方式中,第一处理气体中所含有的反应促进气体和第二处理气体中所含有的反应促进气体为彼此相同种类的气体。

[0042] 在一个例示性实施方式中,提供一种蚀刻方法,其是在具有腔室的等离子体处理装置中执行的蚀刻方法,所述蚀刻方法包含下述的工序:(a)将具有含硅膜和含硅膜上的掩模的基板提供至腔室内的基板支撑部上的工序;和(b)将含硅膜进行蚀刻的工序,并包含下述的工序:(b-1)使用由第一处理气体生成的含有氟化氢的活性种的等离子体将含硅膜进行蚀刻的工序,其中,第一处理气体中,作为控制氟化氢与含硅膜的反应的反应控制气体,含有促进反应的反应促进气体和抑制反应的反应抑制气体中的至少一者;和(b-2)使用由第二处理气体生成的含有氟化氢的活性种的等离子体,将含硅膜进行蚀刻的工序,其中,第二处理气体中,以比第一处理气体中的反应促进气体小的分压含有促进反应的反应促进气体、和/或以比第一处理气体中的反应抑制气体高的分压含有抑制反应的反应抑制气体、或不含有反应控制气体。

[0043] 在一个例示性实施方式中,氟化氢的活性种由氟化氢气体或氢氟碳化物气体中的至少一种气体生成。

[0044] 在一个例示性实施方式中,氟化氢的活性种由含氟气体和含氢气体生成。

[0045] 在一个例示性实施方式中,提供一种等离子体处理系统,其具备:腔室、设置于腔室内的基板支撑部、等离子体生成部和控制部,控制部执行下述的控制:(a)将具有含硅膜和含硅膜上的掩模的基板提供至腔室内的基板支撑部上的控制;和(b)将含硅膜进行蚀刻的控制,所述(b)的控制包含下述的控制:(b-1)使用由第一处理气体生成的等离子体将含硅膜进行蚀刻的控制,其中,第一处理气体含有氟化氢气体和控制氟化氢与含硅膜的反应的反应控制气体,第一处理气体中,作为反应控制气体,含有促进反应的反应促进气体和抑制反应的反应抑制气体中的至少一者;和(b-2)使用由含有氟化氢气体的第二处理气体生成的等离子体将含硅膜进行蚀刻的控制,其中,第二处理气体中,以比第一处理气体中的反应促进气体小的分压含有促进反应的反应促进气体、和/或以比第一处理气体中的反应抑制气体高的分压含有抑制反应的反应抑制气体、或不含有反应控制气体。

[0046] 以下,将参照附图详细说明本公开的各实施方式。另外,在各附图中,对相同或相似的要素标注相同的标号,并省略重复的说明。只要没有特别说明,就是根据附图所示的位置关系来说明上下左右等的位置关系。附图中的尺寸比率不表示实际的比率,并且实际的比率不限于图示的比率。

[0047] <等离子体处理系统的构成例>

[0048] 以下,对等离子体处理系统的构成例进行说明。图1是用于说明电容耦合型等离子体处理装置的构成例的图。

[0049] 等离子体处理系统包含电容耦合型等离子体处理装置1及控制部2。电容耦合型等离子体处理装置1包含等离子体处理腔室10、气体供给部20、电源30及排气系统40。另外，等离子体处理装置1包含基板支撑部11和气体导入部。气体导入部按照将至少一个处理气体导入至等离子体处理腔室10内的方式来构成。气体导入部包含喷头13。基板支撑部11配置于等离子体处理腔室10内。喷头13配置于基板支撑部11的上方。在一个实施方式中，喷头13构成等离子体处理腔室10的顶部(ceiling)的至少一部分。等离子体处理腔室10具有由喷头13、等离子体处理腔室10的侧壁10a和基板支撑部11规定的等离子体处理空间10s。等离子体处理腔室10具有用于将至少一个处理气体供给至等离子体处理空间10s的至少一个气体供给口和用于从等离子体处理空间排出气体的至少一个气体排出口。等离子体处理腔室10接地。喷头13及基板支撑部11与等离子体处理腔室10的壳体电绝缘。

[0050] 基板支撑部11包含主体部111及环状组件112。主体部111具有用于支撑基板W的中央区域111a和用于支撑环状组件112的环状区域111b。晶片是基板W的一个例子。主体部111的环状区域111b在俯视时包围主体部111的中央区域111a。基板W配置于主体部111的中央区域111a上，环状组件112以包围主体部111的中央区域111a上的基板W的方式配置于主体部111的环状区域111b上。因此，中央区域111a也称为用于支撑基板W的基板支撑面，环状区域111b也称为用于支撑边缘组件112的环状支撑面。

[0051] 在一个实施方式中，主体111包含基座1110和静电卡盘1111。基座1110包含导电性构件。基座1110的导电性构件可以作为下部电极发挥作用。静电卡盘1111配置于基座1110上。静电卡盘1111包含陶瓷构件1111a和配置于陶瓷构件1111a内的静电电极1111b。陶瓷构件1111a具有中央区域111a。在一个实施方式中，陶瓷构件1111a还具有环状区域111b。另外，环状静电卡盘或环状绝缘构件之类的包围静电卡盘1111的其它构件也可以具有环状区域111b。在这种情况下，环状组件112可以配置在环状静电卡盘或环状绝缘构件上，也可以配置在静电卡盘1111和环状绝缘构件这两者上。另外，RF或DC电极可以配置于陶瓷构件1111a内，在这种情况下，RF或DC电极作为下部电极发挥作用。在后述的偏置RF信号或DC信号与RF或DC电极连接的情况下，RF或DC电极也被称为偏置电极。此外，基座1110的导电构件和RF或DC这两者也可以作为两个下部电极发挥作用。

[0052] 环状组件112包含一个或多个环状构件。在一个实施方式中，一个或多个环状构件包含一个或多个边缘环和至少一个盖环。边缘环由导电材料或绝缘材料形成，盖环由绝缘材料形成。

[0053] 另外，基板支撑部11也可以包含温度调节模块，该温度调节模块按照将静电卡盘1111、环状组件112和基板中的至少一者调节为目标温度的方式来构成。温度调节模块可以包含加热器、传热介质、流路1110a或者它们的组合。盐水或气体之类的传热流体流过流路1110a。在一个实施方式中，流路1110a形成在基座1110内，一个或多个加热器配置于静电卡盘1111的陶瓷构件1111a内。另外，基板支撑部11也可以包含传热气体供给部，该传热气体供给部按照向基板W的背面与中央区域111a之间供给传热气体的方式来构成。

[0054] 喷头13按照将来自气体供给部20的至少一个处理气体导入至等离子体处理空间10s内的方式来构成。喷头13具有至少一个气体供给口13a、至少一个气体扩散室13b及多个气体导入口13c。被供给至气体供给口13a的处理气体穿过气体扩散室13b而从多个气体导入口13c导入至等离子体处理空间10s内。另外，喷头13包含上部电极。此外，气体导入部除

了包含喷头13以外,还可以包含安装于侧壁10a上形成的一个或多个开口部处的一个或多个侧方气体注入部(SGI:Side Gas Injector)。

[0055] 气体供给部20可以包含至少一个气体源21和至少一个流量控制器22。在一个实施方式中,气体供给部20按照将至少一个处理气体从各自对应的气体源21经由各自对应的流量控制器22而供给到喷头13的方式来构成。各流量控制器22例如可以包含质量流量控制器或者压力控制式流量控制器。此外,气体供给部20可以包含一个或多个流量调节装置,该流量调节装置用于对至少一个处理气体的流量进行调节或脉冲化。

[0056] 电源30包含RF电源31,所述RF电源31经由至少一个阻抗匹配电路而与等离子体处理腔室10耦合。RF电源31按照将源RF信号和偏置RF信号之类的至少一个RF信号(RF功率)供给到至少一个下部电极和/或至少一个上部电极的方式来构成。由此,由供给至等离子体处理空间10s的至少一个处理气体来形成等离子体。因此,RF电源31在等离子体处理腔室10中可以作为等离子体生成部的至少一部分而发挥作用,该等离子体生成部是按照从一个或多个处理气体生成等离子体的方式来构成的。另外,通过将偏置RF信号供给到至少一个下部电极,能够在基板W上产生偏置电位,将形成的等离子体中的离子成分引入至基板W。

[0057] 在一个实施方式中,RF电源31包含第一RF生成部31a和第二RF生成部31b。第一RF生成部31a按照下述的方式来构成:经由至少一个阻抗匹配电路而与至少一个下部电极和/或至少一个上部电极耦合,生成等离子体生成用的源RF信号(源RF功率)。在一个实施方式中,源RF信号具有10MHz~150MHz范围内的频率。在一个实施方式中,第一RF生成部31a也可以按照生成具有不同频率的多个源RF信号的方式来构成。所生成的一个或多个源RF信号被供给到至少一个下部电极和/或至少一个上部电极。

[0058] 第二RF生成部31b按照下述的方式来构成:经由至少一个阻抗匹配电路而与至少一个下部电极耦合,生成偏置RF信号(偏置RF功率)。偏置RF信号的频率与源RF信号的频率可以相同也可以不同。在一个实施方式中,偏置RF信号具有比源RF信号的频率低的频率。在一个实施方式中,偏置RF信号具有100kHz~60MHz范围内的频率。在一个实施方式中,第二RF生成部31b也可以按照生成具有不同频率的多个偏置RF信号的方式来构成。所生成的一个或多个偏置RF信号被供给至至少一个下部电极。此外,在各种实施方式中,源RF信号和偏置RF信号中的至少一个也可以被脉冲化。

[0059] 另外,电源30还可以包含与等离子体处理腔室10耦合的DC电源32。DC电源32包含第一DC生成部32a及第二DC生成部32b。在一个实施方式中,第一DC生成部32a按照与至少一个下部电极连接、并生成第一DC信号的方式来构成。所生成的第一偏置DC信号被施加到至少一个下部电极。在一个实施方式中,第二DC生成部32b按照与至少一个上部电极连接、并生成第二DC信号的方式来构成。所生成的第二DC信号被施加到至少一个上部电极。

[0060] 在各种实施方式中,第一和第二DC信号中的至少一个可以被脉冲化。在这种情况下,基于DC的电压脉冲的序列被施加到至少一个下部电极和/或至少一个上部电极。电压脉冲可以具有矩形、梯形、三角形或它们的组合的脉冲波形。在一个实施方式中,用于从DC信号生成电压脉冲序列的波形生成部被连接于第一DC生成部32a和至少一个下部电极之间。因此,第一DC生成部32a及波形生成部构成电压脉冲生成部。在第二DC生成部32b及波形生成部构成电压脉冲生成部的情况下,电压脉冲生成部与至少一个上部电极连接。电压脉冲可以具有正的极性,也可以具有负的极性。另外,电压脉冲的序列可以在一个周期内包含一

个或多个正极性电压脉冲和一个或多个负极性电压脉冲。此外,除了RF电源31之外,还可以设置第一和第二DC生成部32a、32b,也可以设置第一DC生成部32a来替代第二RF生成部31b。

[0061] 排气系统40可以与例如设置在等离子体处理腔室10的底部的气体排出口10e连接。排气系统40也可以包含压力调整阀及真空泵。通过压力调整阀调整等离子体处理空间10s内的压力。真空泵可以包含涡轮分子泵、干式真空泵或它们的组合。

[0062] 控制部2处理使等离子体处理装置1执行本公开中所描述的各种工序的计算机可执行指令。控制部2可以按照控制等离子体处理装置1的各要素以执行这里描述的各种工序的方式来构成。在一个实施方式中,控制部2的一部分或全部可被包含在等离子体处理装置1中。控制部2例如可以包含计算机2a。计算机2a可以包含例如处理部(CPU:中央处理器)2a1、存储部2a2和通信接口2a3。处理部2a1可以按照下述的方式来构成:通过从存储部2a2读取程序并执行读取的程序,从而进行各种控制动作。该程序可以预先存储在存储部2a2中,必要时也可以通过介质来获取。所获取的程序被存储在存储部2a2中,由处理部2a1从存储部2a2中读取并被执行。介质可以是计算机2a可读取的各种存储介质,也可以是与通信接口2a3连接的通信线路。存储器2a2也可以包含RAM(随机存储器;Random Access Memory)、ROM(只读存储器;Read Only Memory)、HDD(硬盘驱动器;Hard Disk Drive)、SSD(固态驱动器;Solid State Drive)、或者它们的组合。通信接口2a3也可以通过LAN(局域网;Local Area Network)等通信线路来与等离子体处理装置1之间进行通信。

[0063] <蚀刻方法的一个例子>

[0064] 图2是表示一个例示性实施方式的蚀刻方法(以下也称为“本处理方法”)的流程图。如图2所示,本处理方法包含提供基板的工序ST1和对基板的含硅膜进行蚀刻的工序ST2。各工序中的处理可以通过图1所示的等离子体处理系统来执行。以下,以控制部2控制等离子体处理装置1的各部分来对基板W执行本处理方法的情况为例进行说明。

[0065] (工序ST1:基板的提供)

[0066] 在工序ST1中,基板W被提供至等离子体处理装置1的等离子体处理空间10s内。基板W被提供至基板支撑部11的中央区域111a。于是,基板W被静电卡盘1111保持在基板支撑部11上。

[0067] 图3是表示在工序ST1中提供的基板W的截面结构的一个例子的图。基板W在基底膜UF上依次层叠有含硅膜SF及掩模MF。基板W可以用于半导体器件的制造。半导体器件包含例如DRAM、3D-NAND快闪存储器等半导体存储器件。

[0068] 在一个例子中,基底膜UF是硅晶片、形成于硅晶片上的有机膜、电介质膜、金属膜、半导体膜等。基底膜UF可以由多个膜层叠而成。

[0069] 含硅膜SF在本处理方法中是作为蚀刻对象的膜。在一个例子中,含硅膜SF是氧化硅膜、氮化硅膜、氮氧化硅膜、多晶硅膜。含硅膜SF可以由多个膜层叠而构成。例如,含硅膜SF也可以由氧化硅膜和氮化硅膜交替层叠而构成。另外,例如,含硅膜SF也可以由氧化硅膜和多晶硅膜交替层叠而构成。

[0070] 掩模MF是在含硅膜SF的蚀刻中作为掩模发挥作用的膜。掩模MF例如可以是多晶硅膜、硼掺杂硅膜、含钨膜(例如WC膜、WSi膜等)、非晶碳膜或氧化锡膜或含钛膜(例如TiN膜等)。

[0071] 如图3所示,掩模MF在含硅膜SF上规定至少一个开口OP。开口OP是含硅膜SF上的空

间,并且被掩模MF的侧壁包围。即,含硅膜SF的上表面具有被掩模MF覆盖的区域和在开口OP的底部处露出的区域。

[0072] 在基板W的俯视图中,即在图3的从上向下的方向上观察基板W的情况下,开口OP可以具有任意的形状。该形状例如可以是圆形、椭圆形、矩形、线状、或将它们中的一种以上组合而成的形状。掩模MF可以具有多个侧壁,多个侧壁可以规定多个开口OP。多个开口OP可以分别具有线状,可以以一定的间隔排列来构成线和空间的图案。另外,多个开口OP也可以分别具有孔形状,构成阵列图案。

[0073] 构成基板W的各膜(基底膜UF、含硅膜SF、掩模MF)分别可以通过CVD法、ALD法、旋涂法等来形成。开口OP也可以通过掩模MF进行蚀刻来形成。而且,掩模MF也可以通过平版印刷术来形成。另外,上述各膜可以是平坦的膜,也可以是具有凹凸的膜。另外,基板W也可以在基底膜UF的下面进一步具有其它的膜,含硅膜SF及基底膜UF的层叠膜可以作为多层掩模发挥作用。即,也可以将含硅膜SF及基底膜UF的层叠膜作为多层掩模来蚀刻其它的膜。

[0074] 形成基板W的各膜的工艺的至少一部分可以在等离子体处理腔室10的空间内进行。在一个例子中,通过对掩模MF进行蚀刻来形成开口OP的工序可以在等离子体处理腔室10中执行。即,开口OP及后述的含硅膜SF的蚀刻可以在同一腔室内连续地执行。另外,也可以在等离子体处理装置1的外部的装置或腔室内形成基板W的各膜的全部或部分后,将基板W搬入到等离子体处理装置1的等离子体处理空间10s内,配置在基板支撑部11的中央区域111a,由此提供基板。

[0075] 在将基板W提供给基板支撑部11的中央区域111a后,基板支撑部11的温度通过温度调节模块被调整为设定温度。设定温度例如可以为70°C以下、0°C以下、-10°C以下、-20°C以下、-30°C以下、-40°C以下、-50°C以下、-60°C以下或-70°C以下。在一个例子中,调整或维持基板支撑部11的温度包含将流过流路1110a的传热流体的温度调整或维持为设定温度或与设定温度不同的温度。在一个例子中,调整或维持基板支撑部11的温度包含控制静电卡盘1111与基板W的背面之间的传热气体(例如He)的压力。另外,传热流体开始向流路1110a流动的时刻可以是基板W被载置于基板支撑部11之前或之后,也可以是同时。另外,在本处理方法中,基板支撑部11的温度也可以在工序ST1之前被调整为设定温度。即,也可以在基板支撑部11的温度被调整为设定温度之后,向基板支撑部11提供基板W。

[0076] (工序ST2:蚀刻)

[0077] 在工序ST2中,基板W的含硅膜SF被蚀刻。工序ST2具备第一蚀刻工序ST21和第二蚀刻工序ST22。另外,工序ST2可以具备判定是否满足蚀刻的停止条件的工序ST23。即,在工序ST23中,可以交替反复进行工序ST21和工序ST22,直到判定为满足停止条件为止。在工序ST2的处理期间,基板支撑部11的温度被维持在工序ST1中调整的设定温度。

[0078] (工序ST21:第一蚀刻)

[0079] 在工序ST21中,使用从第一处理气体生成的等离子体,对含硅膜SF进行蚀刻。首先,从气体供给部20向等离子体处理空间10s内供给第一处理气体。第一处理气体包含氟化氢(HF)气体和控制氟化氢与含硅膜的反应的反应控制气体。第一处理气体中,作为反应控制气体,可以含有促进氟化氢与含硅膜的反应的反应促进气体。第一处理气体可以含有抑制该反应的反应抑制气体。另外,第一处理气体也可以含有反应促进气体和反应抑制气体这两者。

[0080] 接着,向基板支撑部11的下部电极和/或喷头13的上部电极供给源RF信号。由此,在喷头13和基板支撑部11之间生成高频电场,由等离子体处理空间10s内的第一处理气体生成等离子体。另外,向基板支撑部11的下部电极供给偏置信号,从而在等离子体和基板W之间产生偏置电位。通过偏置电位,等离子体中的离子、自由基等活性种被吸引到基板W,含硅膜SF被该活性种蚀刻。

[0081] (工序ST22:第二蚀刻)

[0082] 在第二蚀刻工序ST22中,使用从第二处理气体生成的等离子体进一步对含硅膜SF进行蚀刻。首先,从气体供给部20向等离子体处理空间10s内供给第二处理气体。第二处理气体含有氟化氢(HF)气体。

[0083] 第二处理气体可以含有促进氟化氢与含硅膜的反应的反应促进气体和抑制该反应的反应抑制气体中的至少一者。在第二处理气体含有反应促进气体的情况下,该反应促进气体的分压可以小于第一处理气体中的反应促进气体的分压。在第二处理气体含有反应抑制气体的情况下,该反应抑制气体的分压可以大于第一处理气体中的反应抑制气体的分压。在第二处理气体同时含有反应促进气体和反应抑制气体这两者的情况下,可以是反应促进气体的分压小于第一处理气体中的反应促进气体的分压、或反应抑制气体的分压大于第一处理气体中的反应抑制气体的分压、或者是这两者。

[0084] 第二处理气体可以不含有对氟化氢与含硅膜的反应进行控制(抑制或促进)的气体。

[0085] 接着,与工序ST21同样,向基板支撑部11的下部电极和/或喷头13的上部电极供给源RF信号。由此,在喷头13和基板支撑部11之间生成高频电场,由等离子体处理空间10s内的第二处理气体生成等离子体。另外,向基板支撑部11的下部电极供给偏置信号,在等离子体和基板W之间产生偏置电位。通过偏置电位,等离子体中的离子、自由基等活性种被吸引到基板W,含硅膜SF被该活性种进一步蚀刻。

[0086] 从工序ST21到工序ST22的切换例如可以根据通过蚀刻而在含硅膜SF上形成的凹部的深度、该凹部的长宽比以及蚀刻时间中的至少一个来进行。

[0087] 在工序ST21和工序ST22中,偏置信号可以由第二RF生成部31b提供的偏置RF信号。另外,偏置信号也可以是从DC生成部32a提供的偏置DC信号。此外,在工序ST21和工序ST22中也可以不提供偏置信号。

[0088] 在工序ST21和工序ST22中,源RF信号和偏置信号这两者可以是连续波或脉冲波,另外也可以一者是连续波,另一者是脉冲波。在源RF信号和偏置信号这两者都是脉冲波的情况下,两者的脉冲波的周期可以同步。在使用偏置DC信号的情况下,脉冲波可以具有矩形、梯形、三角形或它们的组合的波形。只要是按照对等离子体和基板之间提供电位差以吸引离子的方式来设定基板W的电位,则偏置DC信号的极性可以为负也可以为正。

[0089] 在使用脉冲波作为源RF信号或偏置信号的情况下,脉冲波的占空比可以适当设定,例如可以为1~80%,另外,也可以为5~50%。这里,占空比是脉冲波周期中的功率或电压电平高的期间所占的比例。另外,脉冲波的占空比在工序ST21和工序ST22中可以相同,也可以不同。在一个例子中,可以使工序ST22中的源RF信号的脉冲波的占空比小于工序ST21中的源RF信号的脉冲波的占空比。通过减小占空比,等离子体向基板W的热量输入得到抑制,与工序ST22相比,基板W的温度变低。由于基板W的温度越低,氟化氢越容易吸附于含硅

膜SF上,因此通过减小占空比,能够促进氟化氢对含硅膜SF的吸附。

[0090] (工序ST23:结束判定)

[0091] 在工序ST23中,判定是否满足停止条件。停止条件例如可以是将工序ST21及工序ST22设为1个循环,该循环的重复次数是否达到了规定的次数。停止条件例如也可以是蚀刻时间是否达到了规定的时间。停止条件例如也可以是通过蚀刻形成的凹部的深度是否达到了规定的深度。在工序ST23中如果判定为不满足停止条件,则会反复进行包含工序ST21及工序ST22的循环。在工序ST23中如果判定为满足停止条件,则结束本处理方法。此外,除了工序ST23以外,也可以在工序ST21和工序ST22之间执行是否满足停止条件的判断。

[0092] (处理气体的构成)

[0093] 在第一处理气体中,除不活泼气体之外的所有气体中,HF气体的分压可以最大。另外,在第二处理气体中,除不活泼气体以外的所有气体中,HF气体的分压可以最大。在一个例子中,在第一处理气体和/或第二处理气体中,相对于除不活泼气体之外的总流量,HF气体可以含有50体积%以上、60体积%以上、70体积%以上,另外,也可以含有80体积%以上。另外,作为HF气体,也可以使用高纯度者,例如纯度为99.999%以上者。

[0094] 第一处理气体和/或第二处理气体中所含有的反应促进气体可以是例如促进等离子体中的氟化氢的活性种吸附在含硅膜SF上的气体(吸附促进气体)。这里,氟化氢的活性种含有氟化氢的气体、自由基及离子中的至少任一种。作为反应促进气体,可以使用选自含磷气体、含氮气体和含氢气体中的至少一种。在第一处理气体和第二处理气体这两者都含有反应促进气体的情况下,第一处理气体所含的反应促进气体的种类与第二处理气体所含的反应促进气体的种类可以相同,也可以不同。

[0095] 含磷气体是含有含磷分子的气体。含磷分子可以是十氧化四磷( $P_4O_{10}$ )、八氧化四磷( $P_4O_8$ )、六氧化四磷( $P_4O_6$ )等氧化物。十氧化四磷有时被称为五氧化二磷( $P_2O_5$ )。含磷分子可以是三氟化磷( $PF_3$ )、五氟化磷( $PF_5$ )、三氯化磷( $PCl_3$ )、五氯化磷( $PCl_5$ )、三溴化磷( $PBr_3$ )、五溴化磷( $PBr_5$ )、碘化磷( $PI_3$ )之类的卤化物(卤化磷)。即,含磷分子可以是氟化磷等含有氟作为卤素元素。或者,含磷分子也可以含有氟以外的卤素元素作为卤素元素。含磷分子可以是三氟氧化磷( $POF_3$ )、三氯氧化磷( $POCl_3$ )、三溴氧化磷( $POBr_3$ )之类的卤化磷酰。含磷分子可以是膦( $PH_3$ )、磷化钙( $Ca_3P_2$ 等)、磷酸( $H_3PO_4$ )、磷酸钠( $Na_3PO_4$ )、六氟磷酸( $HPF_6$ )等。含磷分子可以是氟膦类( $H_gPF_h$ )。在此,g和h之和是3或5。作为氟膦类,可以例示出 $HPF_2$ 、 $H_2PF_3$ 。处理气体中,作为至少一种含磷分子,可以含有上述含磷分子中的一种以上的含磷分子。例如,处理气体中,作为至少一种含磷分子,可以含有 $PF_3$ 、 $PCl_3$ 、 $PF_5$ 、 $PCl_5$ 、 $POCl_3$ 、 $PH_3$ 、 $PBr_3$ 或 $PBr_5$ 中的至少一种。另外,在各含磷分子为液体或固体的情况下,各含磷分子可以通过加热等来气化后供给至等离子体处理空间10s内。

[0096] 在一个例子中,作为含氮气体,可以使用选自 $NH_3$ 气体、 $NF_3$ 气体、 $NO$ 气体、 $NO_2$ 气体中的至少一种。

[0097] 作为含氢气体,可以使用具有OH基的气体,在一个例子中,可以使用选自 $H_2O$ 气体、 $H_2O_2$ 气体和醇中的至少一种。

[0098] 第一处理气体和/或第二处理气体中所含有的反应抑制气体例如可以通过去除(清除)等离子体中的氢的活性种来抑制等离子体中的氟化氢的活性种与含硅膜SF的反应的气体。作为反应抑制气体,例如可以使用含氯气体。在一个例子中,含氯气体可以使用选

自 $\text{Cl}_2$ 气体、 $\text{SiCl}_2$ 气体、 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 气体、 $\text{SiCl}_4$ 气体、 $\text{Si}_2\text{Cl}_6$ 气体、 $\text{CHCl}_3$ 气体、 $\text{CCl}_4$ 气体和 $\text{BCl}_3$ 气体中的至少一种。在第一处理气体和第二处理气体这两者都含有反应抑制气体的情况下，第一处理气体中所含有的反应抑制气体的种类与第二处理气体中所含有的反应抑制气体的种类可以相同，也可以不同。

[0099] 第一处理气体和/或第二处理气体还可以含有含碳气体。含碳气体例如可以是氟碳化物气体和氢氟碳化物气体中的任意一者或这两者。在一个例子中，氟碳化物气体可以是选自 $\text{CF}_4$ 气体、 $\text{C}_2\text{F}_2$ 气体、 $\text{C}_2\text{F}_4$ 气体、 $\text{C}_3\text{F}_6$ 气体、 $\text{C}_3\text{F}_8$ 气体、 $\text{C}_4\text{F}_6$ 气体、 $\text{C}_4\text{F}_8$ 气体和 $\text{C}_5\text{F}_8$ 气体中的至少一种。在一个例子中，氢氟碳化物气体可以是选自 $\text{CHF}_3$ 气体、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ 气体、 $\text{CH}_3\text{F}$ 气体、 $\text{C}_2\text{HF}_5$ 气体、 $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ 气体、 $\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$ 气体、 $\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_2$ 气体、 $\text{C}_3\text{HF}_7$ 气体、 $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_2$ 气体、 $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_4$ 气体、 $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_6$ 气体、 $\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_5$ 气体、 $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ 气体、 $\text{C}_4\text{H}_5\text{F}_5$ 气体、 $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_8$ 气体、 $\text{C}_5\text{H}_2\text{F}_6$ 气体、 $\text{C}_5\text{H}_2\text{F}_{10}$ 气体和 $\text{C}_5\text{H}_3\text{F}_7$ 气体中的至少一种。另外，含碳气体可以是具有不饱和键的直链状的含碳气体。具有不饱和键的直链状的含碳气体例如可以是选自 $\text{C}_3\text{F}_6$ （六氟丙烯）气体、 $\text{C}_4\text{F}_8$ （八氟-1-丁烯、八氟-2-丁烯）气体、 $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_4$ （1,3,3,3-四氟丙烯）气体、 $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ （反式-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯）气体、 $\text{C}_4\text{F}_8\text{O}$ （五氟乙基三氟乙氧基醚）气体、 $\text{CF}_3\text{COF}$ 气体（1,2,2,2-四氟乙-1-酮）、 $\text{CHF}_2\text{COF}$ （二氟乙酸氟化物）气体和 $\text{COF}_2$ （碳酰氟）气体中的至少一种。

[0100] 第一处理气体和/或第二处理气体还可以含有含氧气体。含氧气体可以是例如选自 $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}$ 和 $\text{CO}_2$ 中的至少一种气体。

[0101] 第一处理气体和/或第二处理气体还可以含有不含碳的含氟气体。在一个例子中，不含碳的含氟气体可以是选自 $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{XeF}_2$ 、 $\text{SiF}_4$ 、 $\text{IF}_5$ 、 $\text{IF}_7$ 、 $\text{BrF}_5$ 、 $\text{AsF}_5$ 、 $\text{NF}_5$ 、 $\text{BF}_3$ 和 $\text{WF}_6$ 中的至少一种。

[0102] 第一处理气体和/或第二处理气体还可以含有含氟以外的卤素气体。含氟以外的卤素气体可以是选自例如 $\text{HBr}$ 气体、 $\text{HI}$ 气体和 $\text{I}_2$ 气体中的至少一种。

[0103] 第一处理气体和/或第二处理气体还可以含有不活泼气体。在一个例子中，不活泼气体可以是例如 $\text{Ar}$ 气、 $\text{He}$ 气、 $\text{Kr}$ 气等稀有气体或 $\text{N}_2$ 气体。

[0104] 第一处理气体和/或第二处理气体中，代替 $\text{HF}$ 气体或者除 $\text{HF}$ 气体外，还可以含有在等离子体中可生成 $\text{HF}$ 种的气体。

[0105] 可生成 $\text{HF}$ 种的气体例如是氢氟碳化物气体。氢氟碳化物气体的碳原子数可以为2以上、3以上或4以上。在一个例子中，氢氟碳化物气体为选自 $\text{CH}_2\text{F}_2$ 气体、 $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_4$ 气体、 $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_6$ 气体、 $\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_5$ 气体、 $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ 气体、 $\text{C}_4\text{H}_5\text{F}_5$ 气体、 $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_8$ 气体、 $\text{C}_5\text{H}_2\text{F}_6$ 气体、 $\text{C}_5\text{H}_2\text{F}_{10}$ 气体和 $\text{C}_5\text{H}_3\text{F}_7$ 气体中的至少一种。在一个例子中，氢氟碳化物气体是选自 $\text{CH}_2\text{F}_2$ 气体、 $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_4$ 气体、 $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_6$ 气体和 $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ 气体中的至少一种。

[0106] 可生成 $\text{HF}$ 种的气体例如是含氟气体和含氢气体。含氟气体例如是氟碳化物气体。在一个例子中，氟碳化物气体是选自 $\text{C}_2\text{F}_2$ 气体、 $\text{C}_2\text{F}_4$ 气体、 $\text{C}_3\text{F}_6$ 气体、 $\text{C}_3\text{F}_8$ 气体、 $\text{C}_4\text{F}_6$ 气体、 $\text{C}_4\text{F}_8$ 气体和 $\text{C}_5\text{F}_8$ 气体中的至少一种。另外，含氟气体例如也可以是 $\text{NF}_3$ 气体或 $\text{SF}_6$ 气体。在一个例子中，含氢气体是选自 $\text{H}_2$ 气体、 $\text{CH}_4$ 气体和 $\text{NH}_3$ 气体中的至少一种。

[0107] （工序ST2的一个例子）

[0108] 图4是使用了反应促进气体的情况下的工序ST2的时序图的一个例子。图4是使用反应促进气体作为反应控制气体，并利用第一蚀刻工序ST21及第二蚀刻工序ST2的一个循环对含硅膜SF进行蚀刻的例子。在图4中，纵轴表示第一处理气体或第二处理气体中所含有

的反应促进气体的分压、以及氟化氢对含硅膜SF的吸附水平。横轴表示蚀刻时间。“ $P_B$ ”表示反应促进气体的分压为零、或者小于“ $P_A$ ”。“ $L_B$ ”表示氟化氢对含硅膜SF的吸附水平(吸附量)小于“ $L_A$ ”。在图4中,时间 $0 \sim t_{11}$ 对应于工序ST21(以下,将该期间称为“H期间”),时间 $t_{11} \sim t_{12}$ 对应于工序ST22(以下,将该期间称为“L期间”)。

[0109] 另外,在图4中,反应促进气体的分压在各期间(H期间及L期间)内是恒定的,但也可以在各期间内阶段性地或连续地变化(减少、增加或增减)。在这种情况下,氟化氢气体的吸附水平会随着该变化而变化。

[0110] 另外,图4是在工序ST2中使用反应促进气体作为反应控制气体的情况下的时序图,但也可以代替它和/或除此之外,使用反应抑制气体作为反应控制气体。图5是使用反应抑制气体的情况下的工序ST2的时序图的一个例子。如图5所示,可以在H期间降低反应抑制气体的分压或使其为零( $P_D$ ),在L期间可以提高反应抑制气体的分压( $P_C$ )。由此,H期间的氟化氢的吸附水平( $L_C$ )高于L期间的吸附水平( $L_D$ )。

[0111] 图6A是表示在图4或图5的H期间(工序ST21)结束时(时间 $t_{11}$ )的基板W的截面结构的一个例子的图。图6B是表示图4或图5的L期间(工序ST22)结束时(时间 $t_{12}$ )的基板W的截面结构的一个例子的图。

[0112] 如图6A所示,通过H期间(工序ST21)中的处理,含硅膜SF中的在开口OP处露出的部分在深度方向(图6A中从上向下的方向)上被蚀刻,形成凹部RC。在H期间,可以对含硅膜SF进行蚀刻直到凹部RC的底部到达基底膜UF或直到即将到达之前。

[0113] 在H期间(工序ST21),氟化氢对含硅膜的吸附水平( $L_A$ 或 $L_C$ )大于L期间(工序ST21)(参照图4、图5)。由此,在H期间,可促进氟化氢对含硅膜SF的吸附,以比L期间更高的蚀刻速率对含硅膜SF进行蚀刻。另一方面,在H期间,由蚀刻产生的反应生成物(副产品)与L期间相比增加。反应副产物吸附在凹部RC的侧壁上,会妨碍水平方向(图6A的左右方向)的蚀刻。由此,凹部RC可以形成为沿着深度方向逐渐变细的形状(参见图6A)。

[0114] 在接下来的L期间(工序ST22),氟化氢对含硅膜的吸附水平( $L_B$ 或 $L_D$ )小于H期间(工序ST21)(参照图4、图5)。由此,在L期间,可抑制氟化氢对含硅膜SF的吸附,以比H期间更低的蚀刻速率对含硅膜SF进行蚀刻。另一方面,在L期间,由蚀刻产生的反应副产物与H期间相比减少。往凹部RC的侧壁上的吸附得到抑制。由此,水平方向上的蚀刻进行,凹部RC从尖细形状接近矩形(参照图6B)。即凹部RC的垂直性提高。

[0115] 这样一来,在图4或图5所示的例子中,在H期间(工序ST21)以高的蚀刻速率对含硅膜SF进行蚀刻,然后,在L期间(工序ST22)扩大含硅膜SF的凹部RC的底部。由此,能够抑制整个工序ST2的蚀刻速率的降低,与此同时提高通过蚀刻形成的凹部的垂直性,抑制形状异常。

[0116] (工序ST2的其他例子)

[0117] 图7是使用了反应促进气体的情况下的工序ST2的时序图的另一个例子。图7是使用反应促进气体作为反应控制气体,并将第一蚀刻工序ST21及第二蚀刻工序ST2的一个循环反复进行多次,对含硅膜SF进行蚀刻的例子。图7的纵轴和横轴与图4相同,“ $P_B$ ”表示反应促进气体的分压为零、或小于“ $P_A$ ”。“ $L_B$ ”表示氟化氢对含硅膜SF的吸附水平(吸附量)小于“ $L_A$ ”。在图7中,时间 $0 \sim t_{21}$ 及时间 $t_{22} \sim t_{23}$ 等与工序ST21对应(以下将该期间称为“H1期间”“H2期间”等)。另外,时间 $t_{21} \sim t_{22}$ 及时间 $t_{23} \sim t_{24}$ 等与工序ST22对应(以下将该期间称

为“L1期间”“L2期间”等)。

[0118] 另外,在图7中,反应促进气体的分压在各期间(H1期间、H2期间、L1期间、L2期间等)是恒定的,但也可以在各期间内阶段性地或连续地变化(减少、增加或增减)。在这种情况下,氟化氢的吸附水平会随着该变化而变化。

[0119] 另外,图7是在工序ST2中使用反应促进气体作为反应控制气体的情况下的时序图,但也可以代替它和/或除此之外,使用反应抑制气体作为反应控制气体。图8是使用反应抑制气体的情况下的工序ST2的时序图的另一个例子。如图5所示,可以在工序ST1(H1期间、H2期间)降低反应抑制气体的分压或使其为零( $P_D$ ),在工序ST2(L1期间、L2期间)提高反应抑制气体的分压( $P_C$ )。由此,工序ST1(H1期间、H2期间)中的氟化氢的吸附水平( $L_C$ )变得高于工序ST2(L1期间、L2期间)中的吸附水平( $L_D$ )。

[0120] 图9A是表示图7或图8的H1期间(第一循环的工序ST21)结束时(时间 $t_{21}$ )的基板W的截面结构的一个例子的图。图9B是表示图7或图8的L1期间(第一循环的工序ST22)结束时(时间 $t_{22}$ )的基板W的截面结构的一个例子。

[0121] 如图9A所示,通过H1期间(第一循环的工序ST21)中的处理,含硅膜SF中的在开口OP处露出的部分在深度方向(图9A中从上向下的方向)上被蚀刻,形成凹部RC。在H1期间,对含硅膜SF进行蚀刻直到凹部RC达到给定的深度(例如,在反复进行n个循环的工序ST21和工序ST22的情况下,为含硅膜SF的厚度的 $1/n$ 的深度)为止。在H1期间,与上述的H期间同样,以比L1期间更高的蚀刻速率对含硅膜SF进行蚀刻,另一方面,凹部RC可以成为沿着深度方向逐渐变细的形状(参照图9A)。

[0122] 在接下来的L1期间(第一循环的工序ST22)中,与上述L期间同样,以比H1期间低的蚀刻速率对含硅膜SF进行蚀刻,另一方面,水平方向的蚀刻进行,凹部RC从尖细形状接近矩形(参照图9B)。即,凹部RC垂直性提高。

[0123] 这样,在图6或图7所示的例子中,以高的蚀刻速率对含硅膜SF进行蚀刻的工序ST1(H1期间、H2期间等),与扩大含硅膜SF的凹部RC的底部的工序ST2(L1期间、L2期间)交替反复进行。由此,能够抑制工序ST2中的蚀刻速率的降低,与此同时提高通过蚀刻形成的凹部的垂直性,抑制形状异常。

[0124] <变形例>

[0125] 在不脱离本公开的范围和宗旨的情况下,可以对本公开的实施方式进行各种变形。例如,可以进行以下这样的变形。

[0126] 图10是表示本处理方法的变形例的流程图。如图10所示,在蚀刻工序中,可以使第1蚀刻和第2蚀刻顺序相反。即,可以首先使用第二处理气体进行含硅膜SF的蚀刻(工序ST21A)之后,再使用第一处理气体进行含硅膜SF的蚀刻(工序ST23A)。另外,在工序ST2A中,除了工序ST23以外,还可以在工序ST21A和工序ST22A之间执行是否满足停止条件的判断。

[0127] 图11是表示本处理方法的变形例的流程图。如图11所示,在蚀刻工序中,也可以仅进行第一蚀刻。即,在蚀刻工序ST2B中,也可以使用第一处理气体进行含硅膜SF的蚀刻(工序ST2B)。

[0128] 由于等离子体的热量输入,随着蚀刻的进行,基板W的温度会变大。在此,存在下述的倾向;基板W的温度越低,氟化氢越容易吸附于含硅膜SF。因此,随着蚀刻的进行,氟化氢的吸附量减少,蚀刻速率会降低。因此,例如,也可以从蚀刻速率会降低的蚀刻工序的中期

到末期供给反应促进气体。由此,能抑制蚀刻速率的降低。另外,反应促进气体的供给量可以根据蚀刻时间、基板W或基板支撑部11的温度等来设定。

[0129] 随着由蚀刻形成的凹部的长宽比的增大,蚀刻剂(氟化氢的活性种)向凹部的底部的供给量减少。因此,也可以根据凹部的长宽比来改变反应控制气体的分压。例如,对于高长宽比区域的蚀刻,与低长宽比区域的蚀刻相比,可以增大反应促进气体的分压。由此,在高长宽比区域中,可以促进蚀刻剂与含硅膜SF的反应。

[0130] 由于含硅膜SF的由蚀刻产生的反应副产物的堆积,蚀刻速率会降低。因此,也可以在蚀刻中途暂时供给反应抑制气体,促进反应副产物的挥发。反应促进气体可以在预先设定的时刻供给,也可以根据由等离子体的发光状态等推测的蚀刻状况来供给。反应抑制气体的供给量及供给时间只要能促进反应副产物的挥发就没有限制。

[0131] 另外,处理方法除了电容耦合型的等离子体处理装置1以外,也可以使用利用了电感耦合型等离子体或微波等离子体等任意的等离子体源的等离子体处理装置来执行。

[0132] <实施例>

[0133] 以下,对本处理方法的实施例进行说明。本公开不受以下实施例的任何限制。

[0134] (实施例1和实施例2)

[0135] 使用等离子体处理装置1来应用本处理方法,对具有与图3所示的基板W同样结构的基板进行了蚀刻。作为掩模MF,使用了具有孔形状的开口OP的非晶碳膜。使用氧化硅膜作为含硅膜SF。第一处理气体中,除了HF气体之外,还含有 $Cl_2$ 气作为反应抑制气体。另外,第二处理气体中,除了HF气体之外,还含有 $Cl_2$ 气作为反应抑制气体。第二处理气体中的反应抑制气体( $Cl_2$ 气)的分压小于第一处理中的反应抑制气体( $Cl_2$ 气)的分压。基板支撑部11的温度设定为 $15^\circ C$ 。在实施例1中,将图2的工序ST21(620秒)及工序ST22(310秒)进行了1个循环。在实施例2中,将图2的工序ST21(150秒)及工序ST22(50秒)依次进行了4个循环。

[0136] (参考例1)

[0137] 在参考例1中,使用等离子体处理装置1对与实施例1及实施例2相同构成的基板W进行了蚀刻。在参考例1中,使用与实施例1和实施例2中使用的的第一处理气体相同的处理气体连续进行了840秒的蚀刻。基板支撑部11的温度设定为 $15^\circ C$ 。

[0138] 将实施例1、实施例2及参考例1中的含硅膜SF的蚀刻速率ER[nm/分钟]、BB偏差[nm]示于表1。BB偏差是通过蚀刻形成的凹部的最大开口宽度和底部的开口宽度之差,该值越小,凹部越接近矩形(垂直性高)。

[0139] 表1

[0140]

	实施例1	实施例2	参考例1
ER	415	453	425
BB偏差	63	63	71

[0141] 实施例1与参考例1相比,蚀刻速率稍有下降,但BB偏差小,凹部的垂直性提高。实施例2与参考例1相比,蚀刻速率提高,并且BB偏差也小,凹部的垂直性提高。即,实施例1和实施例2都能够在抑制蚀刻速率下降的同时,提高凹部的垂直性(抑制形状异常)。

[0142] (实施例3和实施例4)

[0143] 使用等离子体处理装置1来应用本处理方法,对具有与图3所示的基板W同样结构的基板进行了蚀刻。作为掩模MF,使用了具有孔形状开口OP的非晶碳膜。使用氧化硅膜作为

含硅膜SF。第一处理气体中,除了HF气体之外,还含有PF<sub>3</sub>气体作为反应促进气体。第二处理气体含有HF气体,不含有PF<sub>3</sub>气体。基板支撑部11的温度设定为-20℃,进行了4个循环的图10的工序ST21A(40秒)及工序ST22A(120秒)。在实施例3中,在工序ST21A和工序ST22A这两个工序中,使用具有相同的占空比(37%)的源RF信号的脉冲波来生成等离子体。在实施例4中,在工序ST21A中使用占空比为29%的源RF信号的脉冲波,在工序ST22A中使用占空比为37%的源RF信号的脉冲波来生成等离子体。

[0144] 根据实施例3和实施例4的含硅膜SF的蚀刻速率ER[nm/分钟]、BB偏差[nm]如表2所示。

[0145] 表2

	实施例3	实施例4
ER	469	472
BB偏差	77	80

[0147] 实施例4与实施例3相比,蚀刻速率稍高,BB偏差稍大。在实施例4中,据认为,通过在工序ST21A中使占空比低于工序ST22B,抑制了对基板W的热量输入,抑制蚀刻速率的下降。

[0148] 本公开的实施方式还包含以下的方案。

[0149] (附记1)

[0150] 一种器件制造方法,其是在具有腔室的等离子体处理装置中执行的器件制造方法,所述器件制造方法包含下述的工序:

[0151] (a) 将具有含硅膜和所述含硅膜上的掩模的基板提供至腔室内的基板支撑部上的工序;和

[0152] (b) 将所述含硅膜进行蚀刻的工序,

[0153] 所述(b)的工序包含下述的工序:

[0154] (b-1) 使用由第一处理气体生成的等离子体将所述含硅膜进行蚀刻的工序,其中,所述第一处理气体含有氟化氢气体和控制氟化氢与所述含硅膜的反应的反应控制气体,所述第一处理气体中,作为所述反应控制气体,含有促进所述反应的反应促进气体和抑制所述反应的反应抑制气体中的至少一者;和

[0155] (b-2) 使用由含有氟化氢气体的第二处理气体生成的等离子体将所述含硅膜进行蚀刻的工序,其中,所述第二处理气体中,以比所述第一处理气体中的反应促进气体小的分压含有促进所述反应的反应促进气体、和/或以比所述第一处理气体中的反应抑制气体高的分压含有抑制所述反应的反应抑制气体、或不含有所述反应控制气体。

[0156] (附记2)

[0157] 一种程序,其使具备腔室、在所述腔室内设置的基板支撑部和等离子体生成部的等离子体处理系统的计算机执行下述的控制:

[0158] (a) 将具有含硅膜和所述含硅膜上的掩模的基板提供至腔室内的基板支撑部上的控制;和

[0159] (b) 将所述含硅膜进行蚀刻的控制,

[0160] 所述(b)的控制包含下述的控制:

[0161] (b-1) 使用由第一处理气体生成的等离子体将所述含硅膜进行蚀刻的控制,其中,

所述第一处理气体含有氟化氢气体和控制氟化氢与所述含硅膜的反应的反应控制气体,所述第一处理气体中,作为所述反应控制气体,含有促进所述反应的反应促进气体和抑制所述反应的反应抑制气体中的至少一者;和

[0162] (b-2) 使用由含有氟化氢气体的第二处理气体生成的等离子体将所述含硅膜进行蚀刻的控制,其中,所述第二处理气体中,以比所述第一处理气体中的反应促进气体小的分压含有促进所述反应的反应促进气体、和/或以比所述第一处理气体中的反应抑制气体高的分压含有抑制所述反应的反应抑制气体、或不含有所述反应控制气体。

[0163] (附记3)

[0164] 一种存储介质,其保存有附记2所述的程序。

[0165] 符号说明

[0166] 1等离子体处理装置、2控制部、10等离子体处理腔室、10s等离子体处理空间、11基板支撑部、13喷头、20气体供给部、31a第一RF生成部、31b第二RF生成部、32a第一DC生成部、SF含硅膜、MF掩模、OP开口、RC凹部、UF基底膜、W基板。

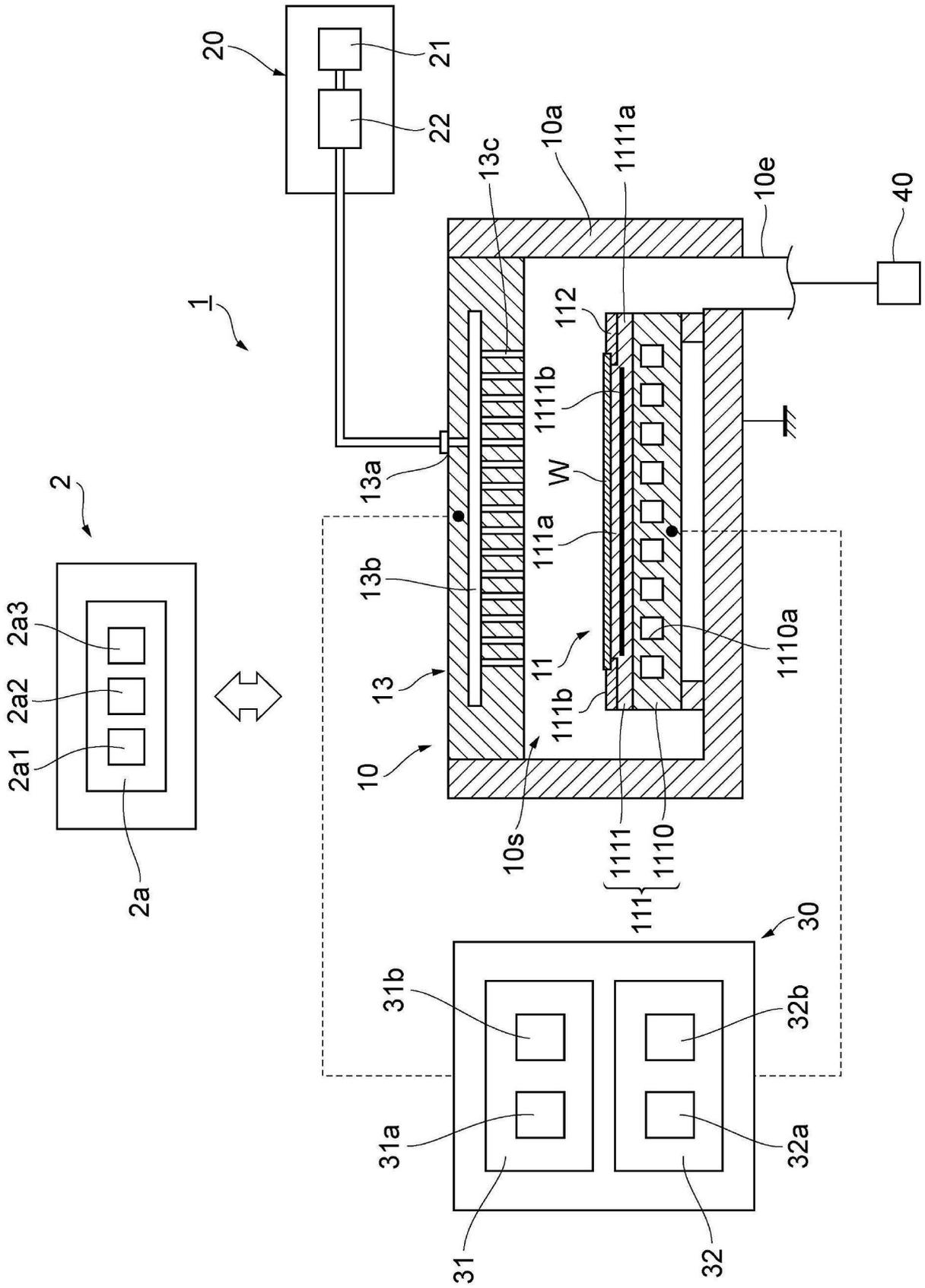


图1

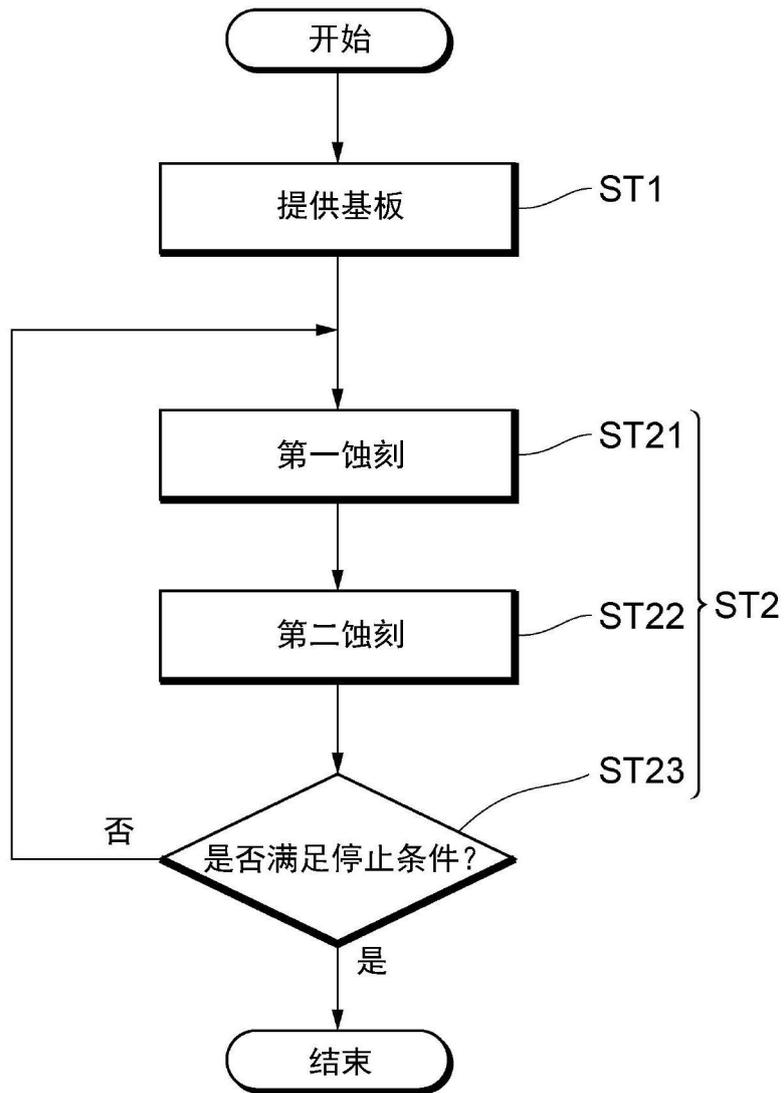


图2

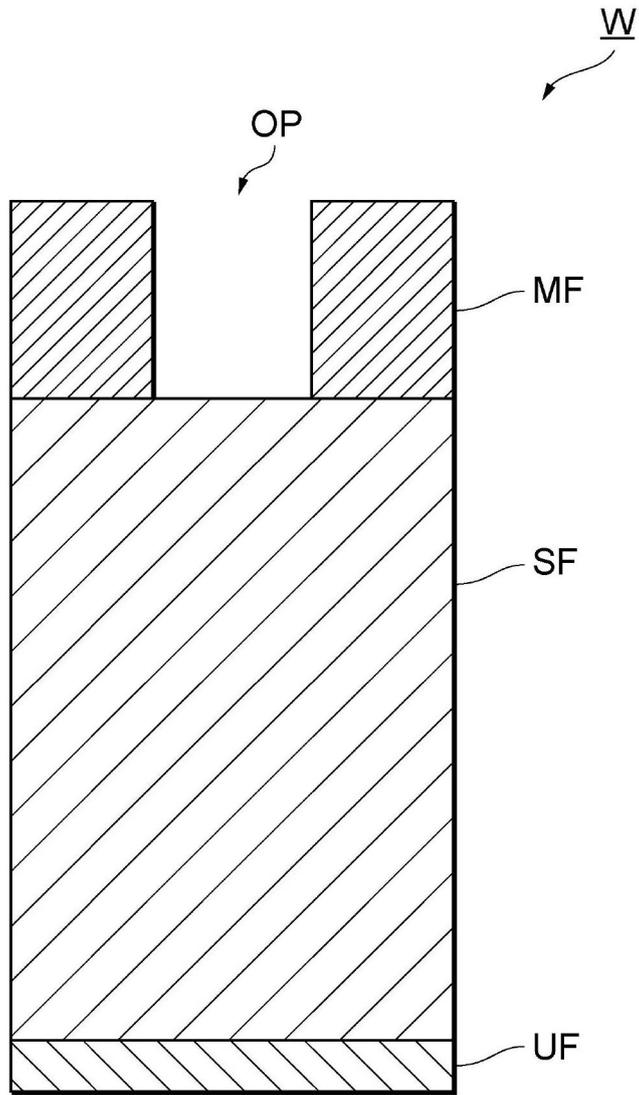


图3

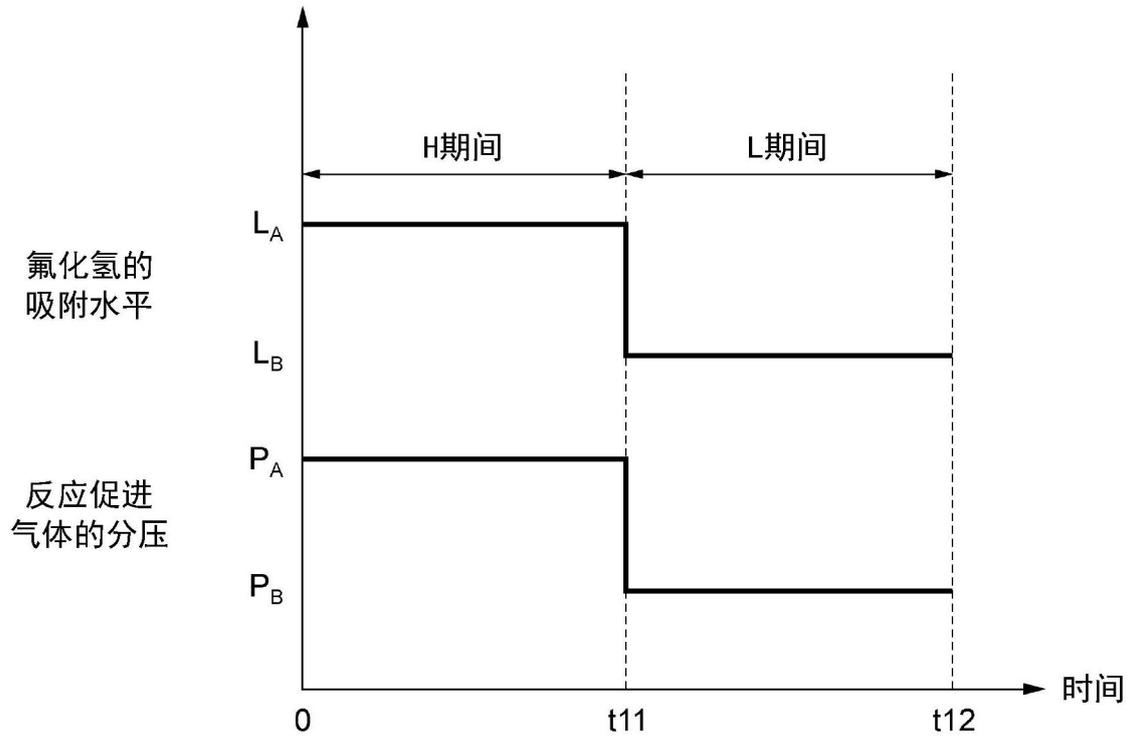


图4

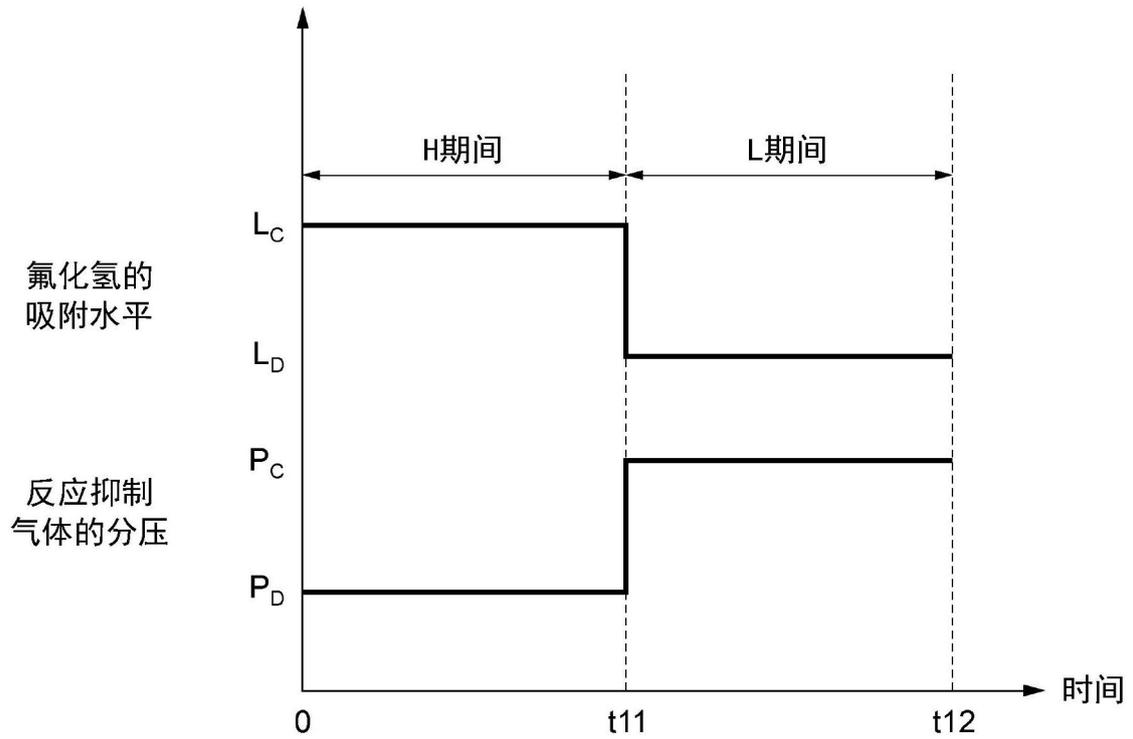


图5

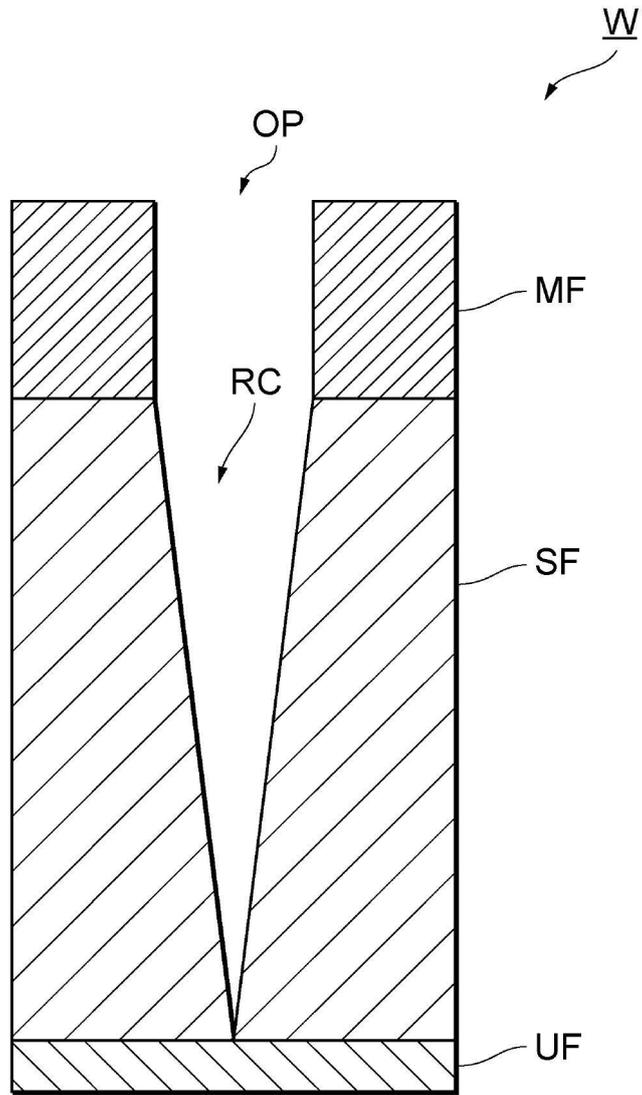


图6A

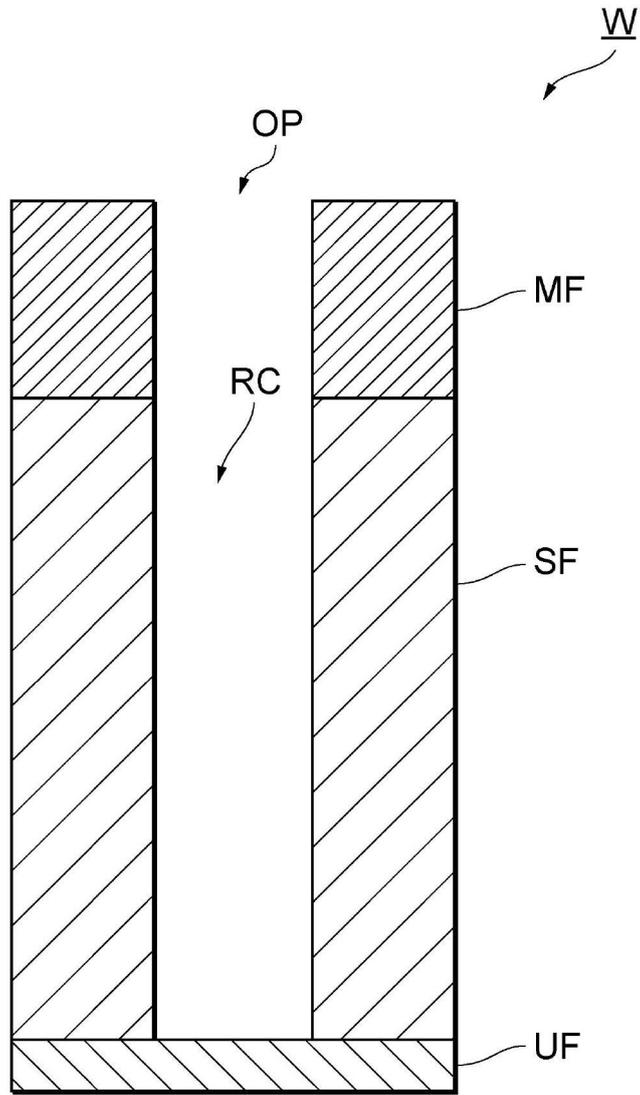


图6B

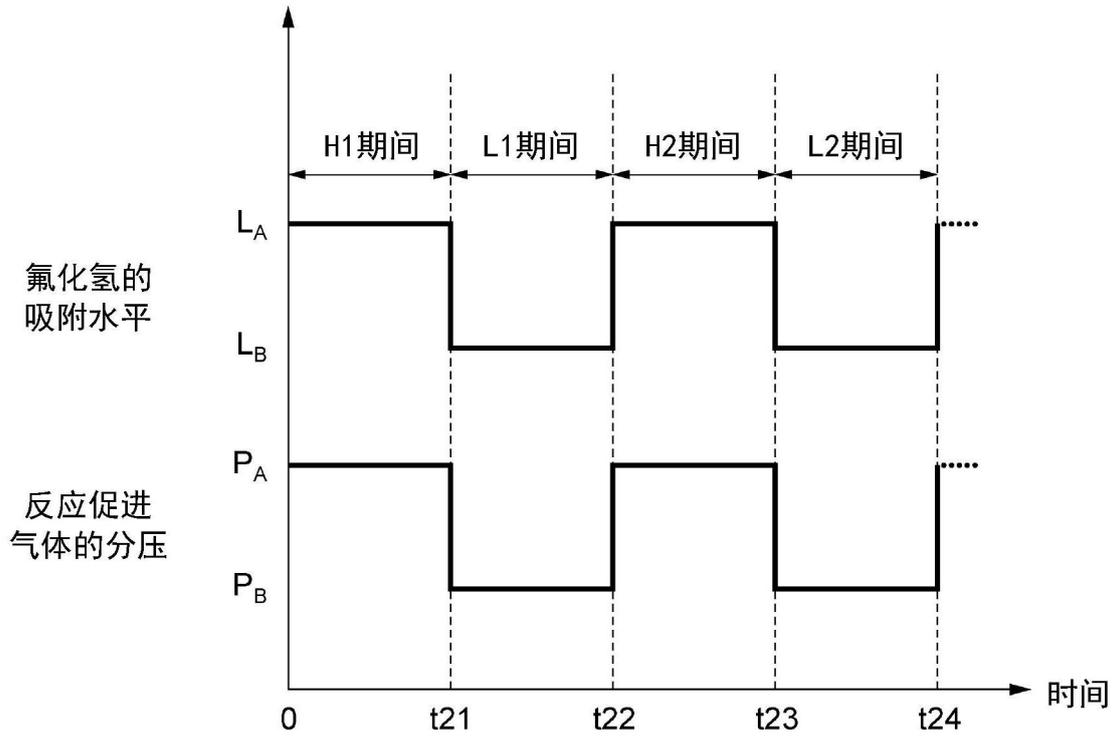


图7

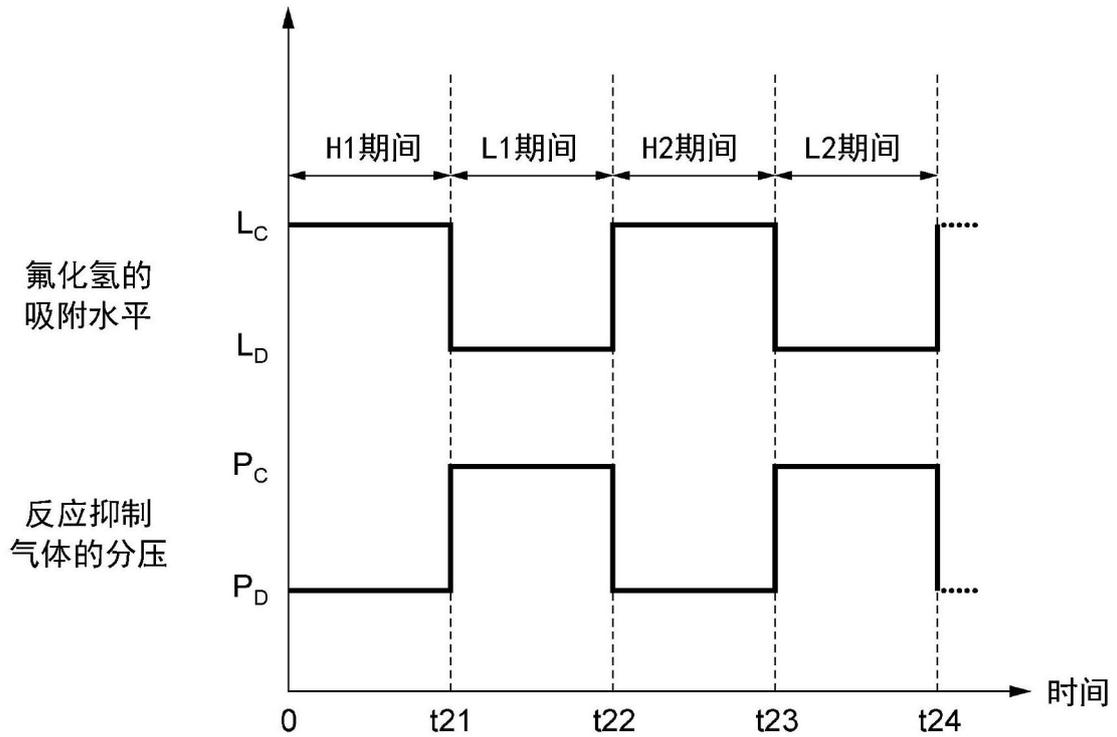


图8

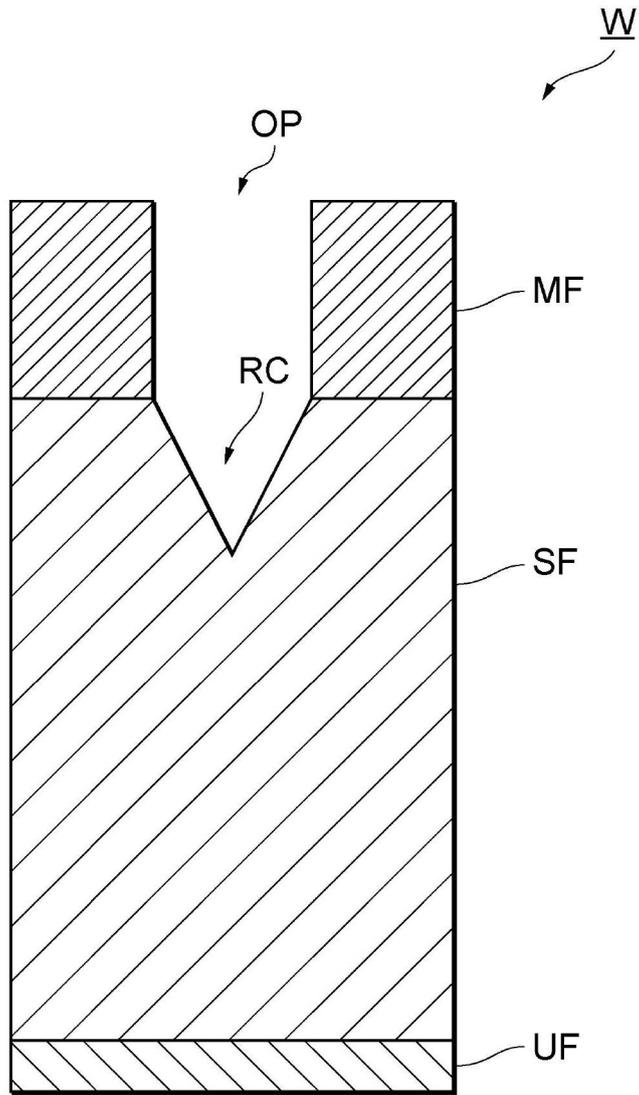


图9A

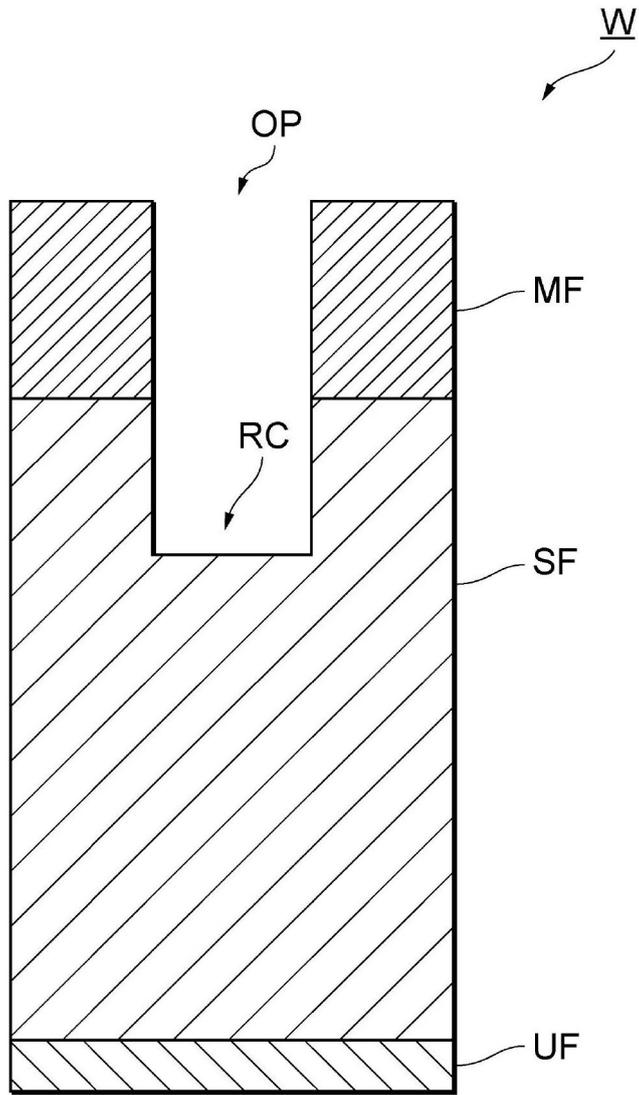


图9B

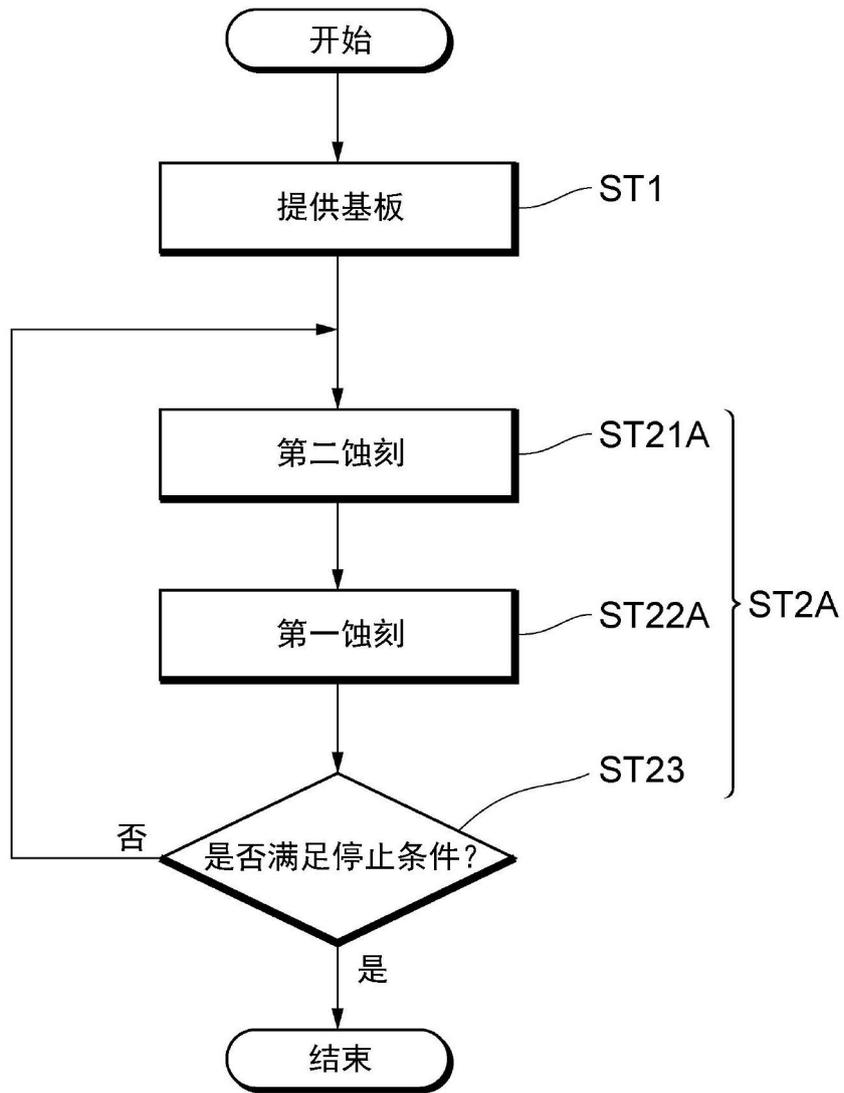


图10

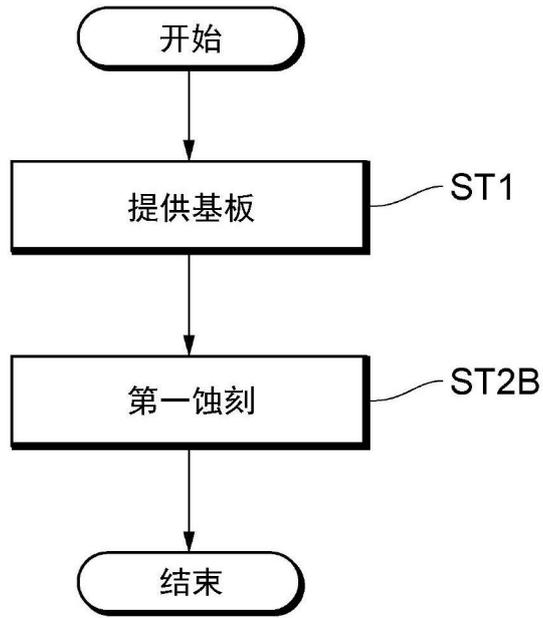


图11