



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118197893 A

(43) 申请公布日 2024.06.14

(21) 申请号 202410297503.3

H01L 21/67 (2006.01)

(22) 申请日 2019.06.10

H05H 1/24 (2006.01)

(30) 优先权数据

2018-119087 2018.06.22 JP

(62) 分案原申请数据

201980017894.6 2019.06.10

(71) 申请人 东京毅力科创株式会社

地址 日本

(72) 发明人 道替隆 久保田绅治 舟水地盐

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322

专利代理人 龙淳 徐飞跃

(51) Int.Cl.

H01J 37/32 (2006.01)

H01L 21/3065 (2006.01)

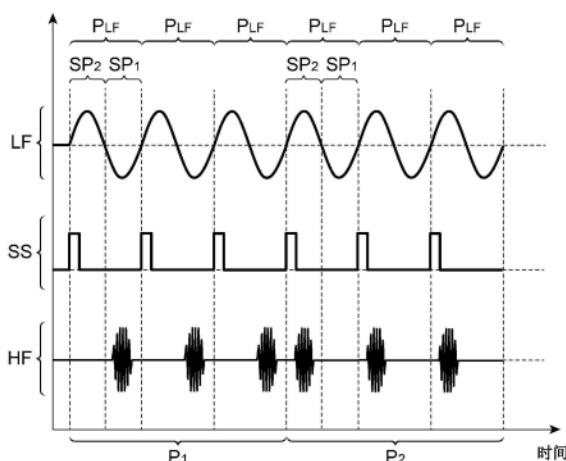
权利要求书2页 说明书22页 附图22页

(54) 发明名称

RF系统

(57) 摘要

本发明提供一种在等离子体处理装置中使用的RF系统。在本发明示例性实施例的等离子体处理方法中，在第一期间中执行第一等离子体处理，在接着第一期间的第二期间中，执行第二等离子体处理。在第一期间和第二期间内，用于偏压的第一高频功率被连续地供给到下部电极。在第一期间内的第一高频功率的各周期内的第一部分期间内，能够以脉冲状的高频功率来供给用于产生等离子体的第二高频功率。在第二期间内的第一高频功率的各周期内的第二部分期间内，能够以脉冲状的高频功率来供给第二高频功率。由此，能够快速地改变去往基片支承台的离子的能量。



1. 一种在等离子体处理装置中使用的RF系统,其特征在于,包括:

第一RF电源,其构成为能够生成具有第一频率的偏压RF功率,由所述第一频率规定的波形具有多个周期,各周期被分为第一半周期和第二半周期;

第二RF电源,其构成为能够生成具有比所述第一频率高的第二频率的源RF功率;和控制部,

所述控制部构成为能够执行以下的控制,即:

控制a,在第一期间,控制所述第二RF电源以在所述第一半周期的至少一部分的期间生成所述源RF功率;

控制b,在第二期间,控制所述第二RF电源以在所述第二半周期的至少一部分的期间生成所述源RF功率,在所述第一半周期的期间不生成所述源RF功率。

2. 根据权利要求1所述的RF系统,其特征在于,

所述控制部构成为在所述第一期间,控制所述第二RF电源以在所述第二半周期的期间不生成所述源RF功率。

3. 根据权利要求1所述的RF系统,其特征在于,

所述控制a和所述控制b被反复执行。

4. 根据权利要求1所述的RF系统,其特征在于,

所述第一半周期和所述第二半周期在零交叉点被分开。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的RF系统,其特征在于,

所述偏压RF功率在所述第一半周期中包含极大值,在所述第二半周期中包含极小值。

6. 根据权利要求1~4中任一项所述的RF系统,其特征在于,

所述偏压RF功率在所述第一半周期中包含极小值,在所述第二半周期中包含极大值。

7. 一种在等离子体处理装置中使用的RF系统,其特征在于,包括:

第一RF电源,其构成为能够生成具有第一频率的偏压RF功率,由所述第一频率规定的波形具有多个周期,各周期被分为第一半周期和第二半周期;

第二RF电源,其构成为能够生成具有比所述第一频率高的第二频率的源RF功率;和控制部,

所述控制部构成为能够执行以下的控制,即:

控制a,在第一期间,控制所述第二RF电源以在所述第一半周期的至少一部分的期间生成所述源RF功率,在所述第二半周期的期间不生成所述源RF功率;

控制b,在第二期间,控制所述第二RF电源以在所述第一半周期的期间不供给所述源RF功率。

8. 根据权利要求7所述的RF系统,其特征在于,

所述控制a和所述控制b被反复执行。

9. 根据权利要求7所述的RF系统,其特征在于,

所述第一半周期和所述第二半周期在零交叉点被分开。

10. 根据权利要求7~9中任一项所述的RF系统,其特征在于,

所述偏压RF功率在所述第一半周期中包含极大值,在所述第二半周期中包含极小值。

11. 根据权利要求7~9中任一项所述的RF系统,其特征在于,

所述偏压RF功率在所述第一半周期中包含极小值,在所述第二半周期中包含极大值。

12. 一种RF系统,其特征在于,包括:

第一RF生成器,其构成为能够生成具有第一频率的第一RF信号,由所述第一频率规定的各周期具有第一半周期和第二半周期;和

第二RF生成器,其构成为能够生成具有比所述第一频率高的第二频率的第二RF信号,所述第二RF信号具有:

部分a,在第一期间中,在所述第一半周期的至少一部分的期间具有第一功率水平;

部分b,在第二期间中,在所述第一半周期的期间具有零功率水平,且在所述第二半周期的至少一部分的期间具有第二功率水平。

13. 根据权利要求12所述的RF系统,其特征在于,

所述第二RF信号在所述第一期间中,在所述第二半周期的期间具有零功率水平。

14. 根据权利要求12所述的RF系统,其特征在于,

所述部分a和所述部分b反复存在。

15. 根据权利要求12所述的RF系统,其特征在于,

所述第一功率水平与所述第二功率水平相同。

16. 根据权利要求12~15中任一项所述的RF系统,其特征在于,

所述第一RF信号在所述第一半周期中包含功率水平的极大值,在所述第二半周期中包含功率水平的极小值。

17. 根据权利要求12~15中任一项所述的RF系统,其特征在于,

所述第一RF信号在所述第一半周期中包含功率水平的极小值,在所述第二半周期中包含功率水平的极大值。

18. 一种RF系统,其特征在于,包括:

第一RF生成器,其构成为能够生成具有第一频率的第一RF信号,由所述第一频率规定的各周期具有第一半周期和第二半周期;和

第二RF生成器,其构成为能够生成具有比所述第一频率高的第二频率的第二RF信号,

所述第二RF信号具有:

部分a,在第一期间中,在所述第一半周期的至少一部分的期间具有第一功率水平,在所述第二半周期的期间具有零功率水平;

部分b,在第二期间中,在所述第一半周期的期间具有零功率水平。

19. 根据权利要求18所述的RF系统,其特征在于,

所述部分a和所述部分b反复存在。

20. 根据权利要求18所述的RF系统,其特征在于,

所述第一功率水平与所述第二功率水平相同。

21. 根据权利要求18~20中任一项所述的RF系统,其特征在于,

所述第一RF信号在所述第一半周期中包含功率水平的极大值,在所述第二半周期中包含功率水平的极小值。

22. 根据权利要求18~20中任一项所述的RF系统,其特征在于,

所述第一RF信号在所述第一半周期中包含功率水平的极小值,在所述第二半周期中包含功率水平的极大值。

RF系统

[0001] 本申请是申请日为2019年06月10日、申请号为201980017894.6、发明名称为“等离子体处理方法及等离子体处理装置”的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本公开的示例性实施例涉及等离子体处理方法和等离子体处理装置。

背景技术

[0003] 在电子器件的制造中,使用等离子体处理装置来进行等离子体处理。等离子体处理装置包括腔室和基片支承台。基片支承台包括下部电极并且被设置在腔室内。在等离子体处理中,供给高频功率以激发腔室内的气体,以从该气体产生等离子体。

[0004] 在等离子体处理期间,可以将另一高频功率供给到下部电极。另一高频功率的频率低于用于产生等离子体的高频功率的频率。即,另一高频功率是偏压高频功率。通常,偏压高频功率用于调节撞击被设置在基片支承台上的基片的离子的能量。当将具有高功率水平的偏压高频功率供给到下部电极时,撞击基片的离子的能量很高。另一方面,如果将具有低功率水平的偏压高频功率供给到下部电极,则撞击基片的离子的能量将较低。

[0005] 专利文献1描述了用于蚀刻氮化硅膜的等离子体处理。在专利文献1描述的技术中,在蚀刻氮化硅膜的期间,将偏压高频功率的功率水平设定为高电平。此外,在专利文献1描述的技术中,当形成为通过蚀刻氮化硅膜而使氮化硅膜和氧化硅膜两者都暴露的状态时,偏压高频功率的功率水平交替地切换成高水平和低水平。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特开平6-267895号公报。

发明内容

[0009] 发明所要解决的技术方案

[0010] 在涉及基片的等离子体处理的技术领域中,需要使去往基片支承台的离子的能量高速地改变。

[0011] 用于解决问题的技术手段

[0012] 根据一个示例性实施例,提供了一种等离子体处理方法。等离子体处理方法包括:在第一期间中,在腔室内执行第一等离子体处理的步骤;和在第一期间之后或接着该第一期间的第二期间中,在腔室内执行第二等离子体处理的步骤。在执行第一等离子体处理的步骤和执行第二等离子体处理的步骤中,第一高频功率被连续地供给基片支承台的下部电极。第一高频功率具有第一频率。基片支承台设置在腔室内。第二高频功率在第一期间的第一部分周期和第二期间的第二部分周期中以脉冲状的高频功率来供给。第二高频功率是用于产生等离子体的具有比第一频率高的第二频率的高频功率。第一部分周期是第一高频功率的各周期的一部分。第二部分期间是第一高频功率的各周期内的部分期间,并且是与第

一部分期间不同的期间。或者，第二高频功率在第一期间内的第一高频功率的各周期内以脉冲状的高频功率和连续的高频功率中的一者来供给，在第二期间内的第一高频功率的各周期内以另一者来供给。或者，第二高频功率在第一期间内的第一高频功率的各周期内以脉冲状的高频功率来供给，在第二期间内不供给。

[0013] 发明效果

[0014] 根据一个示例性实施例的等离子体处理方法，能够快速地改变去往基片支承台的离子的能量。

附图说明

[0015] 图1是一个示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。

[0016] 图2是示意性示出一个示例性实施例的等离子体处理装置的图。

[0017] 图3是示意性地表示另一示例性实施例的等离子体处理装置的图。

[0018] 图4的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图，图4的(b)和图4的(c)示出了在执行方法MT1的多个步骤中的每个步骤之后的状态下的作为一例的基片的局部放大截面图。

[0019] 图5是与方法MT1有关的一例的时序图。

[0020] 图6是示出作为连续的高频功率的第二高频功率的一例的时序图。

[0021] 图7是另一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。

[0022] 图8的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图，图8的(b)至图8的(e)示出了在执行方法MT2的多个步骤中的每个步骤之后的状态下的作为一例的基片的局部放大截面图。

[0023] 图9是又一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。

[0024] 图10的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图，图10的(b)是在执行图9所示的方法MT3的步骤ST31之后的状态下的作为一例的基片的局部放大截面图。

[0025] 图11是又一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。

[0026] 图12的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图，图12的(b)至图12的(d)是在执行图11所示的方法MT4的多个步骤中的每个步骤之后的状态下的作为一例的基片的局部放大截面图。

[0027] 图13是又一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。

[0028] 图14的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图，图14的(b)至图14的(d)是在执行图13所示的方法MT5的多个步骤中的每个步骤之后的作为一例的基片的局部放大截面图。

[0029] 图15是又一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。

[0030] 图16的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图，图16的(a)和16的(c)是在执行图15所示的方法MT6的多个步骤中的每个步骤之后的状态下的作为一例的基片的局部放大截面图。

[0031] 图17是与方法MT6有关的一例的时序图。

[0032] 图18是又一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。

[0033] 图19是与图18所示的方法MT7有关的一例的时序图。

[0034] 图20的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图，图20的(b)至图20的(e)是在执行方法MT7的多个步骤中的每个步骤之后的作为一例的基片的局部放大截面图。

[0035] 图21是又一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。

[0036] 图22是与图21所示的方法MT8有关的一例的时序图。

具体实施例

[0037] 下面将描述各种示例性实施例。

[0038] 根据一个示例性实施例,供给了一种等离子体处理方法。等离子体处理方法包括:在第一期间中,在腔室内执行第一等离子体处理的步骤;和在第一期间之后或接着该第一期间的第二期间中,在腔室内执行第二等离子体处理的步骤。在执行第一等离子体处理的步骤和执行第二等离子体处理的步骤中,第一高频功率被连续地供给基片支承台的下部电极。第一高频功率具有第一频率。基片支承台设置在腔室内。第二高频功率在第一期间的第一部分周期和第二期间的第二部分周期中以脉冲状的高频功率来供给。第二高频功率是用于产生等离子体的具有比第一频率高的第二频率的高频功率。第一部分周期是第一高频功率的各周期的一部分。第二部分期间是第一高频功率的各周期内的部分期间,并且是与第一部分期间不同的期间。或者,第二高频功率在第一期间内的第一高频功率的各周期内以脉冲状的高频功率和连续的高频功率中的一者来供给,在第二期间内的第一高频功率的各周期内以另一者来供给。或者,第二高频功率在第一期间内的第一高频功率的各周期内以脉冲状的高频功率来供给,在第二期间内不供给。

[0039] 去往基片支承台的离子的能量根据第二高频功率的模式而不同。具体来说,去往基片支承台的离子的能量根据是否供给第二高频功率而变化。取决于将第二高频功率供给为脉冲状的高频功率还是连续的高频功率,去往基片支承台的离子的能量不同。去往基片支承台的离子的能量根据在第一高频功率的各周期内向第二高频功率供给脉冲状的高频功率的期间而变化。例如,在从第一高频电源部输出的第一高频功率具有正电压的期间内将第二高频电源作为脉冲状的高频电源来供给的情况下,去往基片支承台的离子的能量较低。此外,在从第一高频电源部输出的第一高频功率为负电位的期间内将第二高频功率作为脉冲状的高频功率来供给的情况下,去往基片支承台的离子的能量高。在第一示例性实施例的等离子体处理方法中,可以将维持上述模式的最长时间长度设定为第一高频功率的一个周期的时间长度。因此,能够高速地改变去往基片支承台的离子的能量。

[0040] 在基于第一示例性实施例的第二示例性实施例中,在第一期间内的第一部分期间内和第二期间内的第二部分期间内,第二高频功率作为脉冲状的高频功率供给。第一部分期间包含于第一高频功率的各周期内的从第一高频电源部输出的第一高频功率具有负电位的期间内。第二部分期间包含于第一高频功率的各周期内的从第一高频电源部输出的第一高频功率具有正电压的期间内。在第二示例性实施例中,去往基片支承台的离子的能量在第一期间内高而在第二期间内低。

[0041] 在基于第一示例性实施例的第三示例性实施例中,在第一期间内的第一高频功率的各周期内的从第一高频电源部输出的第一高频功率具有负电位的期间内,以脉冲状的高频功率来供给第二高频功率。在第二期间内的第一高频功率的各周期内,以连续的高频功率来供给第二高频功率。在第三示例性实施例中,去往基片支承台的离子的能量在第一期间内高而在第二期间内低。

[0042] 在基于第一示例性实施例的第四示例性实施例中,在第一期间内的第一高频功率

的各周期内,以连续的高频功率来供给第二高频功率。在第二期间内的第一高频功率的各周期内的从第一高频电源部输出的第一高频功率具有正电压的期间内,以脉冲状的高频功率来供给第二高频功率。在第四示例性实施例中,去往基片支承台的离子的能量在第一期间内高而在第二期间内低。

[0043] 在第二~第四示例性实施例中的任一个的第五示例性实施例中,在第一期间和第二期间,在腔室内配置有基片。基片具有基底区域和形成在该基底区域上的膜。在执行第一等离子体处理的步骤中,使用处理气体的等离子体来蚀刻膜,以使基底区域露出。在执行第二等离子体处理的步骤中,使用处理气体的等离子体来进一步蚀刻膜。根据第五示例性实施例,在膜的过度蚀刻期间减小了离子的能量。因此,抑制了对基底区域的损伤。

[0044] 在第二~第四示例性实施例中的任一个的第六示例性实施例中,在第一期间和第二期间,在腔室内配置有基片。基片具有第一膜和第二膜,并且该第一膜形成在第二膜上。在执行第一等离子体处理的步骤中,使用处理气体的等离子体来蚀刻第一膜。在执行第二等离子体处理的步骤中,使用处理气体的等离子体来蚀刻第二膜。根据第六示例性实施例,能够对具有第一膜和第二膜的多层膜进行蚀刻,其中第一膜是需要较高的能量来进行蚀刻的膜,而第二膜是能够以较低的能量进行蚀刻的膜。

[0045] 在基于第二~第四示例性实施例的第七示例性实施例中,在第一期间,在腔室内配置有基片。在执行第一等离子体处理的步骤中,使用处理气体的等离子体来蚀刻基片的膜。在第二期间,在腔室内没有配置基片。在执行第二等离子体处理的步骤中,使用处理气体的等离子体来去除附着在腔室的内壁面上的沉积物。在第二期间中,去往基片支承台的离子的能量较低,与此相对地去往腔室的内壁面的离子的能量较高。结果,能够有效地去除附着在腔室内壁面上的沉积物。

[0046] 在基于第二示例性实施例的第八示例性实施例中,在第一期间和第二期间,在腔室内配置有基片。在执行第一等离子体处理的步骤中,使用处理气体的等离子体来蚀刻基片的膜,以使该膜具有侧壁面。在执行第二等离子体处理的步骤中,在膜通过执行第一等离子体处理的步骤而被蚀刻了的基片的表面上,形成包含来自处理气体的等离子体的化学种或来自其他处理气体的等离子体的化学种的沉积物。交替地反复进行执行第一等离子体处理的步骤和执行第二等离子体处理的步骤。在第八示例性实施例中,沉积物的形成和膜的蚀刻交替进行。在膜的蚀刻执行期间,能够利用沉积物来保护膜的侧壁面。

[0047] 在基于第二示例性实施例的第九示例性实施例中,在第一期间和第二期间,在腔室内配置有基片。在执行第一等离子体处理的步骤中,使用处理气体的等离子体来蚀刻基片的膜,以使该膜具有侧壁面。在执行第二等离子体处理的步骤中,使用处理气体的等离子体或其他处理气体的等离子体,来使在执行第一等离子体处理的步骤中被蚀刻了的膜的表面改性。交替地反复进行执行第一等离子体处理的步骤和执行第二等离子体处理的步骤。在第九示例性实施例中,膜的改性处理和膜的蚀刻交替进行。由于膜的侧壁面发生了改性,因此在蚀刻膜时抑制了该侧壁面被蚀刻。

[0048] 在基于第一示例性实施例的第十示例性实施例中,在第一期间内的第一部分期间内和第二期间内的第二部分期间内,以脉冲状的高频功率来供给第二高频功率。第一部分期间包含于第一高频功率的各周期内的从第一高频电源部输出的第一高频功率具有正电压的期间内。第二部分期间包含于第一高频功率的各周期内的从第一高频电源部输出的第

一高频功率具有负电位的期间内。在第十示例性实施例中,去往基片支承台的离子的能量在第一期间内低,而在第二期间内高。

[0049] 在基于第一示例性实施例的第十一示例性实施例中,在第一期间内的第一高频功率的各周期内的从第一高频电源部输出的第一高频功率具有正电压的期间内,以脉冲状的高频功率来供给第二高频功率。在第二期间内的第一高频功率的各周期内,以连续的高频功率来供给第二高频功率。在第十一示例性实施例中,去往基片支承台的离子的能量在第一期间内低,而在第二期间内高。

[0050] 在基于第一示例性实施例的第十二示例性实施例中,在第一期间内的第一高频功率的各周期内,以连续的高频功率来供给第二高频功率。在第二期间内的第一高频功率的各周期内的从第一高频电源部输出的第一高频功率具有负电位的期间内,以脉冲状的高频功率来供给第二高频功率。在第十二示例性实施例中,去往基片支承台的离子的能量在第一期间低,而在第二期间高。

[0051] 在第十~第十二示例性实施例中的任一个的第十三示例性实施例中,在第一期间和第二期间,在腔室内配置有基片。基片具有第一膜和第二膜,该第一膜形成在第二膜上。在执行第一等离子体处理的步骤中,使用处理气体的等离子体来蚀刻第一膜。在执行第二等离子体处理的步骤中,使用处理气体的等离子体来蚀刻第二膜。根据第十三示例性实施例,能够对具有第一膜和第二膜的多层膜进行蚀刻,其中第一膜是需要较高的能量来进行蚀刻的膜,而第二膜是能够以较低的能量进行蚀刻的膜。

[0052] 在基于第一示例性实施例的第十四示例性实施例中,第一期间和第二期间分别具有与第一高频功率的一个周期的时间长度相同的时间长度。在第一期间内的从第一高频电源部输出的第一高频功率具有负电位的期间内,以脉冲状的高频功率来供给第二高频功率,在第二期间内不供给第二高频功率。为了蚀刻配置在腔室内的基片的膜,而交替地反复进行执行第一等离子体处理的步骤和执行第二等离子体处理的步骤。根据第十四示例性实施例,在第一期间内产生的离子在第二期间内以高能量撞击基片。

[0053] 在基于第一示例性实施例的第十五示例性实施例中,第一期间和第二期间分别具有与第一高频功率的一个周期的时间长度相同的时间长度。在第一期间内的第一高频功率的各周期内的从第一高频电源部输出的第一高频功率具有正电压的期间内,以脉冲状的高频功率来供给第二高频功率,在第二期间内不供给第二高频功率。为了蚀刻配置在腔室内的基片的膜,而交替地反复进行执行第一等离子体处理的步骤和执行第二等离子体处理的步骤。根据第十五示例性实施例,在第一期间内产生的离子在第二期间内以高能量撞击基片。

[0054] 在另一个示例性实施例中,供给了一种等离子体处理装置。等离子体处理装置具有腔室、基片支承台、第一高频电源部、第二高频电源部和控制部。基片支承台包含下部电极且设置在腔室内。第一高频电源部构成为能够将具有第一频率的第一高频功率供给到下部电极。第二高频电源部构成为能够供给具有比第一频率高的第二频率的第二高频功率,以用来生成等离子体。控制部用于控制第一高频电源部和第二高频电源部。控制部在第一期间以及该第一期间之后或接着该第一期间的第二期间,控制第一高频电源部以使其连续地向下部电极供给第一高频功率。控制部控制第二高频电源部,以使得:在第一期间内的第一部分期间内和第二期间内的第二部分期间内,以脉冲状的高频功率来供给第二高频功

率。第一部分期间是第一高频功率的各周期内的一部分期间。第二部分期间是第一高频功率的各周期内的一部分期间，而且不同于第一部分期间。或者，控制部控制第二高频电源部，以使得在第一期间内的第一高频功率的各周期内，以脉冲状的高频功率和连续的高频功率中的一者来供给第二高频功率。而且，控制部控制第二高频电源部，以使得在第二期间内的第一高频功率的各周期内，以脉冲状的高频功率和连续的高频功率中的另一者来供给第二高频功率。或者，控制部控制第二高频电源部，以使得在第一期间内的第一高频功率的各周期内，以脉冲状的高频功率来供给第二高频功率，而在第二期间内不供给第二高频功率。

[0055] 下面参考附图详细描述各种示例性实施例。在各附图中，相同或相应的部分由相同的附图标记表示。

[0056] 图1是一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。使用等离子体处理装置执行图1所示的等离子体处理方法(以下称为“方法MT1”)。图2是一示例性实施例的等离子体处理装置的示意图。图2中所示的等离子体处理装置可以用于执行根据本公开的各种实施例的等离子体处理方法。

[0057] 图2所示的等离子体处理装置1A是电容耦合型等离子体处理装置。等离子体处理装置1A包括腔室10。腔室10在其中供给内部空间10s。

[0058] 腔室10包括腔室主体12。腔室主体12具有大致圆筒形的形状。内部空间10s设置在腔室主体12的内侧。腔室主体12由例如铝形成。在腔室主体12的内壁面上设置具有耐腐蚀性的膜。具有耐腐蚀性的膜可以是由诸如氧化铝或氧化钇的陶瓷形成的膜。

[0059] 在腔室主体12的侧壁上形成有通路12p。当基片W在内部空间10s与腔室10的外部之间输送时，通过通路12p。通路12p可由闸阀12g打开和关闭。闸阀12g沿着腔室主体12的侧壁设置。

[0060] 支承部13设置在腔室主体12的底部上。支承部13由绝缘材料形成。支承部13具有大致圆筒形状。支承部13在内部空间10s中从腔室主体12的底部向上延伸。支承部13支承基片支承台，即支承台14。支承台14设置在内部空间10s中。支承台14被配置为将基片W支承在腔室10中，即内部空间10s中。

[0061] 支承台14具有下部电极18和静电吸盘20。支承台14还可包括电极板16。电极板16由诸如铝的导体形成并且具有大致圆盘形状。下部电极18设置在电极板16上。下部电极18由诸如铝的导体形成并且具有大致圆盘形状。下部电极18电连接到电极板16。

[0062] 静电吸盘20设置在下部电极18上。基片W配置在静电吸盘20的上表面上。静电吸盘20具有主体和电极。静电吸盘20的主体具有大致圆盘形状，并且由电介质材料形成。静电吸盘20的电极是膜状的电极，设置在静电吸盘20的主体内部。静电吸盘20的电极经由开关20s连接至直流电源20p。当将来自直流电源20p的电压施加至静电吸盘20的电极时，在静电吸盘20与基片W之间产生静电吸引力。基片W通过产生的静电引力被吸引至静电吸盘20并被静电吸盘20保持。

[0063] 聚焦环FR配置在下部电极18的周缘部上，以围绕基片W的边缘。设置聚焦环FR用以提高基片W上的等离子体处理的面内均匀性。聚焦环FR可以由但不限于硅、碳化硅或石英形成。

[0064] 在下部电极18的内部设有流路18f。热交换介质(例如，制冷剂)从设置在腔室10外

部的冷却器单元22经由管22a被供给流路18f。供给至流路18f的热交换介质经由管22b返回至冷却器单元22。在等离子体处理装置1A中，通过热交换介质与下部电极18之间的热交换来调整配置在静电卡盘20上的基片W的温度。

[0065] 在等离子体处理装置1A中设置有气体供给管线24。气体供给管线24从热传递气体供给机构向静电卡盘20的上表面与基片W的背面之间供给热传递气体(例如,He气)。

[0066] 等离子体处理装置1A还包括上部电极30。上部电极30设置在支承台14的上方。上部电极30经由构件32支承在腔室主体12的上部。构件32由绝缘材料形成。上部电极30和构件32封闭腔室主体12的上部开口。

[0067] 上部电极30可以包括顶板34和支承体36。顶板34的下表面是内部空间10s侧的下表面，并且限定了内部空间10s。顶板34可由焦耳热小的低电阻的电导体或半导体形成。顶板34形成有多个排气孔34a。多个排气孔34a在板厚方向上贯通顶板34。

[0068] 支承体36可拆卸地支承顶板34。支承体36由诸如铝的导电材料形成。气体扩散室36a设置在支承体36的内部。在支承体36中形成有多个气孔36b。多个气孔36b从气体扩散室36a向下延伸。多个气孔36b分别与多个气体排出孔34a连通。气体导入口36c形成在支承体36中。气体导入口36c连接到气体扩散室36a。气体供给管38连接到气体导入口36c。

[0069] 等离子体处理装置1A还包括气体供给部GS。气体供给部GS包括气源组40、阀组41、流量控制器组42和阀组43。气源组40通过阀组41、流量控制器组42和阀组43连接到气体供给管38。气源组40包括多个气源。多个气源包括在各个实施例的每一个中利用的多个气源。阀组41和阀组43中的每个包括多个开关阀。流量控制器组42包括多个流量控制器。流量控制器组42中的多个流量控制器中的每一个是质量流量控制器或压力控制型流量控制器。气源组40的多个气源中的每一个经由阀组41的相应的开关阀、流量控制器组42的相应的流量控制器和阀组43的相应的开关阀连接到气体供给管38。

[0070] 在等离子体处理装置1A中，沿腔室主体12的内壁面可装卸地设置有屏蔽件46。屏蔽件46也设置在支承部13的外周上。屏蔽件46防止蚀刻副产物粘附到腔室主体12上。例如，通过在由铝形成的构件的表面上形成具有耐腐蚀性的膜来形成屏蔽件46。耐腐蚀膜可以是由诸如氧化钇的陶瓷形成的膜。

[0071] 在支承台13和腔室主体12的侧壁之间设置有挡板48。挡板48例如通过在由铝形成的构件的表面上形成具有耐腐蚀性的膜而构成。耐腐蚀膜可以是由诸如氧化钇的陶瓷形成的膜。在挡板48上形成有多个通孔。在挡板48的下方和腔室主体12的底部设有排气口12e。排气装置50经由排气管52连接至排气口12e。排气装置50具有压力控制阀和诸如涡轮分子泵的真空泵。

[0072] 等离子体处理装置1A还可包括发射分析器54。发射分析器54设置在腔室10的外侧。发射分析器54通过形成在腔室10中的光学透明窗部件接收来自等离子体的光。发射分析器54获取等离子体的一个或多个波长的发射强度。稍后将描述的控制部80可以基于由发射分析器54获取的发射强度来结束处理步骤。

[0073] 等离子体处理装置1A还包括第一高频电源部61。第一高频电源部61被构成为输出第一高频功率LF。第一高频功率LF具有主要适合于将离子吸引到基片W的频率。作为第一高频功率LF的基本频率的第一频率例如是在50kHz～13.56MHz的范围内的频率。

[0074] 第一高频电源部61经由匹配器63电连接至下部电极18。匹配器63具有匹配电路。

匹配器63的匹配电路被构成为使第一高频电源部61的负载侧(下部电极侧)的阻抗与第一高频电源部61的输出阻抗匹配。

[0075] 在一个实施例中,等离子体处理装置1A还可包括定向耦合器65。定向耦合器65设置在第一高频电源部61和匹配器63之间。在等离子体处理装置1A中,定向耦合器65设置在第一高频电源部61和同步信号发生器70之间。定向耦合器65将第一高频功率LF分支并供给到同步信号发生器70。供给到定向耦合器65的大部分第一高频功率LF被供给到匹配器63。例如,定向耦合器65的耦合度为60dB。

[0076] 同步信号发生器70被构成为从第一高频功率LF产生同步信号SS。具体来说,同步信号发生器70从定向耦合器65接收第一高频功率LF的分支功率。同步信号产生器70根据第一高频功率LF的分支功率的电压产生同步信号SS。同步信号SS包括定义第一高频功率的各周期的开始时刻的同步脉冲。在一个实施例中,同步信号发生器70利用放大器来放大第一高频功率LF的分支功率的电压并输出放大信号。从放大器输出的放大信号输入到比较器。同步信号发生器70的比较器从放大信号产生同步时钟信号。同步信号发生器70产生在同步时钟信号的上升沿包括同步脉冲的同步信号。

[0077] 等离子体处理装置1A还包括第二高频电源部62。第二高频电源部62被构成为输出第二高频功率HF以在腔室10中从气体产生等离子体。第二高频功率HF的基本频率即第二频率高于第一频率。第二频率例如是27MHz ~ 300MHz范围内的频率。

[0078] 第二高频电源部62经由匹配器64电连接至下部电极18。匹配器64具有匹配电路。匹配器64的匹配电路被构成为使第二高频电源部62的负载侧(下部电极侧)的阻抗与第二高频电源部62的输出阻抗匹配。等离子体处理装置1A还可包括定向耦合器66。定向耦合器66设置在第二高频电源部62和匹配器64之间。在另一个实施例中,第二高频电源部62可以经由匹配器64电连接到上部电极30。

[0079] 等离子体处理装置1A还可包括控制部80。控制部80可以是包括处理器、诸如内存的存储部、输入装置、显示装置、信号输入输出接口等的计算机。控制部80控制等离子体处理装置1A的各部。在控制部80中,操作员可以使用输入装置输入命令等来管理等离子体处理装置1A。此外,在控制部80中,可以通过显示装置可视化并显示等离子体处理装置1A的运行状态。此外,控制部80的存储部保存控制程序和方案数据。为了执行等离子体处理装置1A中的各种处理,控制程序由控制部80的处理器执行。控制部80的处理器执行控制程序,并根据方案数据控制等离子体处理装置1A的各部,从而通过等离子体处理装置1A执行各种实施例的各等离子体处理方法。

[0080] 第二高频电源部62响应于来自控制部80的控制信号和来自同步信号发生器70的同步信号SS,在第一高频功率LF的各周期内生成第二高频功率HF或停止第二高频功率HF的输出。从同步信号SS确定第一高频功率LF的各周期。第二高频电源部62被构成为产生第二高频功率HF作为脉冲状高频功率或连续的高频功率。脉冲状的高频功率是在一定期间内的特定期间内功率水平上升的高频功率。例如,脉冲状的高频功率的功率水平在一定期间内的特定期间大于零,并且在该特定期间之前和之后的期间为零。由来自控制部80的控制信号确定第二高频功率HF在第一高频功率LF的各周期内作为脉冲状的高频功率输出的期间。

[0081] 等离子体处理装置1A的第二高频电源部62具有高频信号发生器62f和放大器62a。高频信号发生器62f根据来自控制部80的控制信号和来自同步信号发生器70的同步信号SS,

在第一高频功率LF的各周期内产生高频信号,或者停止高频信号的输出。从同步信号SS确定第一高频功率LF的各周期。由高频信号发生器62f产生的高频信号具有第二频率。高频信号发生器62f将高频信号产生为脉冲状的高频信号或连续高频信号。由来自控制部80的控制信号确定在第一高频功率LF的各周期内将高频信号作为脉冲状的高频信号输出的期间。高频信号发生器62f例如是函数发生器。由高频信号发生器62f产生的高频信号被输入到放大器62a。在等离子体处理装置1A的第二高频电源部62中,通过利用放大器62a放大高频信号来产生第二高频功率HF。

[0082] 各种实施例中的各等离子体处理方法可以使用图3所示的等离子体处理装置来执行。图3是示意性示出另一示例性实施例的等离子体处理装置的图。在下文中,将针对等离子体处理装置1A与图3所示的等离子体处理装置1B之间的差异来描述等离子体处理装置1B。在等离子体处理装置1B中,第一高频电源部61具有高频信号发生器60f和放大器61a。高频信号发生器60f产生第一高频信号作为连续高频信号。第一高频信号具有第一频率。高频信号发生器60f例如是函数发生器。第一高频信号被输入到放大器61a。在等离子体处理装置1B中,通过由放大器61a放大第一高频信号来产生第一高频功率LF。

[0083] 在等离子体处理装置1B中,第二高频电源部62具有高频信号发生器60f和放大器62a。即,第二高频电源部62与第一高频电源部61共享高频信号发生器60f。因此,第一高频电源部61和第二高频电源部62彼此同步。高频信号发生器60f除了第一高频信号之外还产生第二高频信号。由高频信号发生器60f产生的第二高频信号具有第二频率。

[0084] 高频信号发生器60f根据来自控制部80的控制信号,在第一高频功率LF的各周期内产生第二高频信号,或者停止第二高频信号的输出。高频信号发生器60f可以针对第一高频信号的各周期执行第二高频信号的输出的时序控制。由于高频信号发生器60f自身产生第一高频信号,因此不需要单独的同步信号发生器来识别第一高频功率LF的各周期。

[0085] 高频信号发生器60f将第二高频信号生成为脉冲状的高频信号或连续的高频信号。由来自控制部80的控制信号确定在第一高频功率LF的各周期内将第二高频信号作为脉冲状的高频信号输出的期间。由高频信号发生器60f产生的第二高频信号被输入到放大器62a。在等离子体处理装置1B的第二高频电源部62中,通过放大器62a放大第二高频信号来生成第二高频功率HF。

[0086] 在下文中,将以使用等离子体处理装置1A或等离子体处理装置1B的情况为例,详细描述各种实施例的等离子体处理方法。在下面的描述中,参考图1,以及图4的(a)图4的(b)图4的(c)和图5。图4的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图,图4的(b)和图4的(c)示出了在执行方法MT1的多个步骤中的各步骤之后的状态的作为一例的基片的局部放大截面图。图5是与方法MT1有关的一例的时序图。在图5中,纵轴表示第一高频功率LF,同步信号SS和第二高频功率HF。

[0087] 方法MT1包括步骤ST11和步骤ST12。在第一期间P₁中执行步骤ST11。第一期间P₁的时间长度可以是第一高频功率LF的一个周期的时间长度的m倍。m是自然数。在步骤ST11中,执行第一等离子体处理。在第二期间P₂中执行步骤ST12。第二期间P₂是接在第一期间P₁之后的期间。在步骤ST12中,执行第二等离子体处理。第二期间P₂的时间长度可以是第一高频功率LF的一个周期的时间长度的n倍。n是自然数。

[0088] 在步骤ST11和步骤ST12中,将处理气体供给腔室10中。在步骤ST11和步骤ST12中,

气体供给部GS由控制部80控制以供给处理气体。在步骤ST11和步骤ST12中，排气装置50由控制部80控制，以将腔室10中的压力设定为指定压力。腔室10中的压力被设定为例如在几mTorr ~ 1000mTorr的范围内的压力。

[0089] 在步骤ST11和步骤ST12中，将第一高频功率LF连续地供给到下部电极18。即，在方法MT1中，在第一期间P₁和第二期间P₂中，将第一高频功率LF连续地供给到下部电极18。在步骤ST11和步骤ST12中，由控制部80控制第一高频电源部61，以将第一高频功率LF供给到下部电极18。

[0090] 第二高频功率HF是脉冲状的高频功率，在第一期间P₁中的第一部分期间SP₁和第二期间P₂中的第二部分期间SP₂中供给到下部电极18(或上部电极30)。即，在步骤ST11中，在第一部分期间SP₁中供给第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率。此外，在步骤ST12中，在第二部分期间SP₂中将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。在步骤ST11和步骤ST12中，第二高频电源部62由控制部80控制，以便供给第二高频功率HF。

[0091] 第一部分期间SP₁是第一高频功率LF的各周期P_{LF}内的一部分期间。第二部分期间SP₂是第一高频功率LF的各周期P_{LF}内的一部分期间，并且是与第一部分期间不同的期间。在方法MT1中，第一部分期间SP₁在第一高频功率LF的各期间P_{LF}内被包含于从第一高频电源部61输出的第一高频功率LF具有负电位的期间(在下文中，称为“负电压输出期间”)。在方法MT1中，第二部分期间SP₂在第一高频功率LF的各期间P_{LF}内被包含于从第一高频电源部61输出的第一高频功率LF具有正电压的期间(在下文中，称为“正电压输出期间”)。

[0092] 第二高频电源部62可以根据来自控制部80的命令，在由同步信号SS指定的各周期P_{LF}中的适当时期供给脉冲状的高频功率。因此，在多个第一部分期间SP₁的各个期间内，可以相对于第一高频功率LF的周期以相同的相位供给脉冲状的高频功率。此外，在多个第二部分期间SP₂的各个期间内，可以相对于第一高频功率LF的周期以相同的相位来供给脉冲状的高频功率。

[0093] 在各个实施例中，设定在负电压输出期间内的部分期间(第一部分期间SP₁或第二部分期间SP₂)在第一高频功率LF的各周期P_{LF}中可以包括第一高频功率LF具有最小电位的时刻。设定在正电压输出期间内的部分期间(第一部分期间SP₁或第二部分期间SP₂)期间在第一高频功率LF的各周期P_{LF}中可以包括第一高频功率LF具有最大电位的时刻。

[0094] 在步骤ST11和步骤ST12中，由腔室10中的处理气体形成等离子体。在步骤ST11中，在负电压输出期间将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。因此，在步骤ST11中，支承台14上的基片的Vpp(电压的峰值)变高，从等离子体向支承台14移动的离子的能量比较高。

[0095] 另一方面，在步骤ST12中，在正电压输出期间将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。因此，在步骤ST12中，支承台14上的基片的Vpp变低，从等离子体向支承台14移动的离子的能量变低。

[0096] 如图4(a)所示，可以适用方法MT1的基片WA具有基底区域URA和膜FA。膜FA设置在基底区域URA上。基片WA还可以具有掩模MKA。掩模MKA设置在膜FA上。掩模MKA图案化以部分地暴露膜FA。在一个示例中，基底区域URA由硅形成，膜FA由氧化硅形成，并且掩模MKA具有包括光致抗蚀剂膜和抗反射膜的多层结构。掩模MKA的抗反射膜设置在膜FA上。掩模MKA的抗反射膜包含硅。掩模MKA的光致抗蚀剂膜设置在掩模MKA的抗反射膜上。

[0097] 在方法MT1中,在第一期间 P_1 和第二期间 P_2 将基片WA配置在腔室10中。基片WA被配置在腔室10中的支承台14上。在步骤ST11和步骤ST12中使用的处理气体可以包括诸如 C_4F_8 气体的碳氟化合物气体。在步骤ST11和步骤ST12中使用的处理气体可以进一步包含诸如 O_2 气体的含氧气体和/或诸如氩气的稀有气体。

[0098] 如图4的(b)所示,在步骤ST11中,用来自等离子体的离子蚀刻膜FA,以露出基底区域URA。当从发射分析器54获得的发射强度判定膜FA的蚀刻量已经减小时,步骤ST11结束。例如,当判定由发射分析器54获取的CO的发射强度等于或小于规定值时,步骤ST11结束。或者,在经过规定时间之后,结束步骤ST11。在步骤ST11中,由于高能量的离子被供给到基片WA,因此膜FA被高速蚀刻。

[0099] 在随后的步骤ST12中,如图4的(c)所示,过度蚀刻膜FA。在步骤ST12中,由于将低能量的离子供给到基片WA,因此可以在抑制对基底区域URA的损伤的同时进行膜FA的过度蚀刻。

[0100] 参照图6。图6是示出作为连续的高频功率的第二高频功率的一例的时序图。在方法MT1中,第二高频功率HF可以在第一期间 P_1 内的各期间 P_{LF} 中作为脉冲状的高频功率和连续的高频功率之一的高频功率被供给,在第二期间 P_2 内的各周期 P_{LF} 中作为另一高频功率被供给。具体来说,在方法MT1中,第二高频功率HF可以在第一期间 P_1 内在负电压输出期间内作为脉冲状的高频功率被供给,而在第二期间 P_2 内作为连续的高频功率被供给。同样在这种情况下,向支承台14移动的离子的能量在第一期间 P_1 内较高,而在第二期间 P_2 内较低。

[0101] 或者,在方法MT1中,第二高频功率HF可以在第一期间 P_1 内被供给为连续的高频功率,而在第二期间 P_2 内被供给为脉冲状的高频功率。同样在这种情况下,向支承台14移动的离子的能量在第一期间 P_1 内较高,而在第二期间 P_2 内较低。

[0102] 接下来,参考图7和图8的(a)、图8的(b)、图8的(c)、图8的(d)和图8的(e)。图7是另一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。图8的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图。图8的(b)~8的(e)是在执行图7所示的方法MT2的多个步骤中的各步骤之后的状态下的作为一例的基片的局部放大截面图。

[0103] 图7所示的方法MT2包括步骤ST21和步骤ST22。类似于方法MT1的步骤ST11,在第一期间 P_1 中执行步骤ST21。在步骤ST21中,执行第一等离子体处理。类似于方法MT1的步骤ST12,在第二期间 P_2 中执行步骤ST22。第二期间 P_2 是接在第一期间 P_1 之后的期间。在步骤ST22中,执行第二等离子体处理。

[0104] 方法MT2还可包括步骤ST23和步骤ST24。在第三期间内执行步骤ST23。第三期间是接着第二期间 P_2 的期间。第三期间的时间长度可以是第一高频功率LF的一个周期的时间长度的p倍。p是自然数。在步骤ST23中,执行第三等离子体处理。在第四期间内执行步骤ST24。第四期间是接着第三期间的期间。第四期间的时间长度可以是第一高频功率LF的一个周期的时间长度的q倍。q是自然数。在步骤ST24中,执行第四等离子体处理。

[0105] 在步骤ST21、步骤ST22、步骤ST23和步骤ST24中,将处理气体供给腔室10中。在步骤ST21、步骤ST22、步骤ST23和步骤ST24中,气体供给部GS由控制部80控制,以便供给处理气体。在步骤ST21、步骤ST22、步骤ST23和步骤ST24中,排气装置50由控制部80控制,以将腔室10内的压力设定为指定压力。腔室10中的压力被设定为例如在几mTorr~1000mTorr的范围内的压力。

[0106] 在步骤ST21、步骤ST22、步骤ST23和步骤ST24中,将第一高频功率LF连续地供给到下部电极18。即,在方法MT2中,在第一期间~第四期间内,将第一高频功率LF连续地供给至下部电极18。在步骤ST21、步骤ST22、步骤ST23和步骤ST24中,由控制部80控制第一高频电源部61,以便将第一高频功率LF供给到下部电极18。

[0107] 在方法MT2中,在第一期间P₁和第三期间的各期间中的第一部分期间SP₁内,将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。在方法MT2中,第二高频功率HF在第二期间P₂和第四期间的各期间中的第二部分期间SP₂内被供给到下部电极18(或上部电极30)。即,在步骤ST21和步骤ST23的每一个中,在第一部分期间SP₁内将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。此外,在步骤ST22和步骤ST24的每一个中,在第二部分期间SP₂内将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。在步骤ST21、步骤ST22、步骤ST23和步骤ST24中,第二高频电源部62由控制部80控制以供给第二高频功率HF。

[0108] 在方法MT2中,第一部分期间SP₁包含在第一高频功率LF的各周期P_{LF}内的负电压输出期间内。在方法MT2中,第二部分期间SP₂包含在第一高频功率LF的各周期P_{LF}内的正电压输出期间内。

[0109] 在步骤ST21、步骤ST22、步骤ST23和步骤ST24中,由腔室10中的处理气体形成等离子体。在步骤ST21和步骤ST23中,在负电压输出期间将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。因此,在步骤ST21和步骤ST23中,支承台14上的基片的Vpp变高,并且从等离子体向支承台14移动的离子的能量变得较高。

[0110] 另一方面,在步骤ST22和步骤ST24中,在正电压输出期间内将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。因此,在步骤ST22和步骤ST24中,支承台14上的基片的Vpp变低,并且从等离子体向支承台14移动的离子的能量变得较低。

[0111] 如图8的(a)所示,可以适用方法MT2的基片WB具有第一膜FB1和第二膜FB2。第一膜FB1设置在第二膜FB2上。基片WB还可包括基底区域URB,第三膜FB3和掩模MKB。第三膜FB3设置在基底区域URB上。第二膜FB2设置在第三膜FB3上。掩模MKB设置在第一膜FB1上。掩模MKB图案化以部分地暴露第一膜FB1。在一示例中,基底区域URB由硅形成。第一膜FB1和第三膜FB3由氧化硅形成。第二膜FB2由氮化硅形成。掩模MKB由光致抗蚀剂膜形成。

[0112] 在方法MT2中,在第一期间~第四期间内,将基片WB配置在腔室10中。基片WB被配置在腔室10中的支承台14上。在步骤ST21、步骤ST22、步骤ST23和步骤ST24中使用的处理气体可以包括诸如C₄F₈气体的碳氟化合物气体。在步骤ST21、步骤ST22、步骤ST23和步骤ST24中使用的处理气体可以进一步包含诸如O₂气体的含氧气体和/或诸如氩气的稀有气体。

[0113] 如图8的(b)所示,在步骤ST21中,用来自等离子体的离子照射第一膜FB1,并且通过化学离子蚀刻来蚀刻第一膜FB1以使第一膜FB2暴露。当根据由发射分析器54获得的发射强度判定第一膜FB1的蚀刻量已经减小时,步骤ST21结束。例如,在步骤ST21中,当判定由发射分析器54获取的CO的发射强度为规定值以下时,或者当判定由发射分析器54获取的CN的发射强度为另一规定值以上时,结束处理。或者,在经过规定时间之后结束步骤ST21。

[0114] 如图8的(c)所示,在步骤ST22中,用来自等离子体的离子照射第二膜FB2,并且通过化学离子蚀刻来蚀刻第二膜FB2以使第三膜FB3暴露。当根据由发射分析器54获得的发射强度判定第二膜FB2的蚀刻量已经减小时,步骤ST22结束。例如,在步骤ST22中,当判定由发射分析器54获取的CN的发射强度为规定值以下时,或者当判定由发射分析器54获取的CO的

发射强度为另一规定值以上时,结束处理。或者,在经过规定时间之后结束步骤ST22。

[0115] 如图8的(d)所示,在步骤ST23中,用来自等离子体的离子照射第三膜FB3,并且通过化学离子蚀刻来蚀刻第三膜FB3以使基底区域URB暴露。当根据由发射分析器54获得的发射强度判定第三膜FB3的蚀刻量已经减小时,步骤ST23结束。例如,在步骤ST23中,当判定由发射分析器54获取的CO的发射强度为规定值以下时,结束处理。或者,在经过规定时间之后结束步骤ST23。

[0116] 在随后的步骤ST24中,如图8的(e)所示,执行第三膜FB3的过蚀刻。在步骤ST24中,由于将低能量的离子供给到基片WB,因此可以在抑制对基底区域URB的损伤的同时进行第三膜FB3的过蚀刻。

[0117] 根据该方法MT2,能够进行具有作为蚀刻需要较高能量的膜的第一膜FB1,并具有作为可用较低能量蚀刻的膜的第二膜FB2的多层膜的蚀刻。另外,能够进行在第二膜FB2和基底区域URB之间还具有作为蚀刻需要较高能量的膜的第三膜FB3的多层膜的蚀刻。

[0118] 在方法MT2中,在第一期间P₁内的各周期P_{LF}中,可以将第二高频功率HF作为脉冲状高频功率和连续的高频功率之一的高频功率供给,而在第二期间P₂内的各周期P_{LF}中,作为另一高频功率被供给。在方法MT2中,第二高频功率HF在第三期间内的各周期P_{LF}中作为脉冲状的高频功率和连续的高频功率之一的高频功率供给,而在第四期间内的各周期P_{LF}中作为另一高频功率供给。

[0119] 具体来说,在方法MT2中,也可以在第一期间和第三期间内将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给,而在第二期间和第四期间内作为连续的高频功率供给。同样在这种情况下,向支承台14移动的离子的能量在第一期间和第三期间较高,而在第二期间和第四期间较低。

[0120] 或者,在方法MT2中,也可以在第一期间和第三期间内将第二高频功率HF作为连续的高频功率供给,而在第二期间和第四期间内将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。同样在这种情况下,向支承台14移动的离子的能量在第一期间和第三期间内较高,而在第二期间和第四期间内较低。

[0121] 接下来,参考图9、图10的(a)和图10的(b)。图9是又一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。图10的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图。图10的(b)是在执行图9所示的方法MT3的步骤ST31之后的状态下的作为一例的基片的局部放大截面图。

[0122] 图9所示的方法MT3包括步骤ST31和步骤ST32。类似于方法MT1的步骤ST11,在第一期间P₁中执行步骤ST31。在步骤ST31中,执行第一等离子体处理。类似于方法MT1的步骤ST12,在第二期间P₂中执行步骤ST32。第二期间P₂是在第一期间P₁之后或接着第一期间P₁的期间。在步骤ST32中,执行第二等离子体处理。

[0123] 在步骤ST31和步骤ST32中,将处理气体供给腔室10中。在步骤ST31和步骤ST32中,气体供给部GS由控制部80控制以供给处理气体。在步骤ST31和步骤ST32中,排气装置50由控制部80控制,以将腔室10中的压力设定为指定压力。

[0124] 在步骤ST31和步骤ST32中,将第一高频功率LF连续地供给到下部电极18。即,在方法MT3中,在第一期间P₁和第二期间P₂中,将第一高频功率LF连续地供给至下部电极18。在步骤ST31和步骤ST32中,第一高频电源部61由控制部80控制,以将第一高频功率LF供给至下部电极18。

[0125] 第二高频功率HF是脉冲状的高频功率，并且在第一期间 P_1 内的第一部分期间 SP_1 内和第二期间 P_2 内的第二部分期间 SP_2 内供给至下部电极18(或上部电极30)。即，在步骤ST31中，在第一部分期间 SP_1 内供给第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率。此外，在步骤ST32中，在第二部分期间 SP_2 内将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。在步骤ST31和步骤ST32中，第二高频电源部62由控制部80控制，以便供给第二高频功率HF。

[0126] 在方法MT3中，第一部分期间 SP_1 包含在第一高频功率LF的各周期 P_{LF} 内的负电压输出期间内。在方法MT3中，第二部分期间 SP_2 包含在第一高频功率LF的各周期 P_{LF} 内的正电压输出周期内。

[0127] 在步骤ST31和步骤ST32中，由腔室10内的处理气体形成等离子体。在步骤ST31中，在负电压输出期间内将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。因此，在步骤ST31中，支承台14上的基片的Vpp变高，并且从等离子体向支承台14移动的离子的能量变得较高。

[0128] 另一方面，在步骤ST32中，在正电压输出期间将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。因此，在步骤ST32中，支承台14上的基片的Vpp变低，从等离子体向支承台14移动的离子的能量变得较低。在步骤ST32中，执行以自由基为主体的蚀刻。此外，在步骤ST32中，朝向腔室10的内壁面，即限定内部空间10s的内壁面的离子的能量变得较高。

[0129] 如图10的(a)所示，可以适用方法MT3的基片WC具有基底区域URC和膜FC。膜FC设置在基底区域URC上。基片WC还可以具有掩模MKC。掩模MKC设置在膜FC上。掩模MKC图形化以便部分地暴露膜FC的表面。在一个示例中，基底区域URC由TaN形成，膜FC是包括几个磁性层的多层膜，并且掩模MKC由氧化硅形成。膜FC的多层膜是例如构成MRAM元件部的多层膜，并且包括MTJ(磁性隧道结)结构。

[0130] 在方法MT1中，在第一期间 P_1 中将基片WC配置在腔室10中。基片WC被配置在腔室10中的支承台14上。在步骤ST31和步骤ST32中使用的处理气体可以是包含诸如 Cl_2 气体和氩气的稀有气体的混合气体，或者是包含 CO 气体和 NH_3 气体的混合气体。

[0131] 如图10的(b)所示，在步骤ST31中，用来自等离子体的离子照射膜FC，并且通过化学离子蚀刻和/或溅射对膜FC进行蚀刻以暴露基底区域URC。当根据由发射分析器54获得的发射强度判定膜FC的蚀刻量正在减小时，步骤ST31结束。或者，在经过规定时间之后，结束步骤ST31。在步骤ST31中，由于高能量的离子被供给到基片WC，因此可以蚀刻由难蚀刻材料形成的膜FC。

[0132] 方法MT3还可包括步骤ST3a。在步骤ST31与步骤ST32之间执行步骤ST3a。在步骤ST3a中，从腔室10的内部空间10s移出基片WC。因此，可以在腔室10中未布置基片WC的状态下执行步骤ST32。方法MT3还可包括步骤ST3b。在步骤ST3a与步骤ST32之间执行步骤ST3b。在步骤ST3b中，将伪基片装载到腔室10中。伪基片被载置在支承台14上。因此，可以在将伪基片载置在支承台14上的状态下执行步骤ST32。

[0133] 在步骤ST31中，沉积物附着在腔室10的内壁面上。该沉积物可以是蚀刻副产物。在步骤ST32中，通过例如来自等离子体的离子和/或自由基的化学物质去除附着在腔室10的内壁面上的沉积物。在其中执行步骤ST32的第二期间 P_2 中，向支承台14移动的离子的能量变低，而相对地朝向腔室10的内壁面的离子的能量变高。结果，可有效地去除附着在腔室10的内壁面上的沉积物。

[0134] 在方法MT3中，第二高频功率HF也可以在第一期间 P_1 内的各周期 P_{LF} 中作为脉冲状

的高频功率和连续的高频功率之中的一高频功率供给,而在第二期间 P_2 内的各周期 P_{LF} 中,作为另一高频功率供给。具体来说,在方法MT3中,第二高频功率HF可以在第一期间 P_1 内在负电压输出期间内作为脉冲状的高频功率被供给,而在第二期间 P_2 内作为连续的高频功率被供给。同样在这种情况下,向支承台14移动的离子的能量在第一期间内较高,而在第二期间内较低。

[0135] 或者,在方法MT3中,第二高频功率HF也可以在第一期间 P_1 内作为连续的高频功率被供给,而在第二期间 P_2 内在正电压输出期间内作为脉冲状的高频功率被供给。同样在这种情况下,向支承台14移动的离子的能量在第一期间内较高,而在第二期间内较低。

[0136] 接下来,参考图11、图12的(a)、图12的(b)、图12的(c)和图12的(d)。图11是又一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。图12的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图。图12的(b)至图12的(d)是在执行图11所示的方法MT4的多个步骤中的各步骤之后的状态下的作为一例的基片的局部放大截面图。

[0137] 图11所示的方法MT4包括步骤ST41和步骤ST42。类似于方法MT1的步骤ST11,在第一期间 P_1 中执行步骤ST41。第一期间 P_1 可以是具有与单周期 P_{LF} 的时间长度相同的时间长度的期间。在步骤ST41中,执行第一等离子体处理。类似于方法MT1的步骤ST12,在第二期间 P_2 中执行步骤ST42。第二期间 P_2 是接着第一期间 P_1 的期间。第二期间 P_2 可以是具有与单周期 P_{LF} 的时间长度相同的时间长度的期间。在步骤ST42中,执行第二等离子体处理。

[0138] 在步骤ST41中,将处理气体供给腔室10中。在步骤ST42中,将与在步骤ST41中使用的处理气体相同的处理气体或另一种处理气体供给到腔室10中。在步骤ST41和步骤ST42中,气体供给部GS由控制部80控制。在步骤ST41和步骤ST42中,排气装置50由控制部80控制,以将腔室10中的压力设定为指定压力。腔室10中的压力被设定为例如在几mmTorr~1000mTorr的范围内的压力。

[0139] 在步骤ST41和步骤ST42中,将第一高频功率LF连续地供给到下部电极18。即,在方法MT4中,在第一期间 P_1 和第二期间 P_2 中,将第一高频功率LF连续地供给至下部电极18。在步骤ST41和步骤ST42中,由控制部80控制第一高频电源部61,以便将第一高频功率LF供给到下部电极18。

[0140] 第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率,在第一期间 P_1 内的第一部分期间 SP_1 内和第二期间 P_2 内的第二部分期间 SP_2 内供给到下部电极18(或上部电极30)。即,在步骤ST41中,在第一部分期间 SP_1 内供给第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率。在步骤ST42中,在第二部分期间 SP_2 内供给第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率。在步骤ST41和步骤ST42中,第二高频电源部62由控制部80控制,以便供给第二高频功率HF。

[0141] 在方法MT4中,第一部分期间 SP_1 包括在第一高频功率LF的各周期 P_{LF} 内的负电压输出期间内。在方法MT4中,第二部分期间 SP_2 包括在第一高频功率LF的各周期 P_{LF} 内的正电压输出期间内。

[0142] 在步骤ST41和步骤ST42中,在腔室10中形成等离子体。在步骤ST41中,在负电压输出期间将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。因此,在步骤ST41中,支承台14上的基片的Vpp变高,并且从等离子体向支承台14移动的离子的能量变得较高。

[0143] 另一方面,在步骤ST42中,在正电压输出期间将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。因此,在步骤ST42中,支承台14上的基片的Vpp变低,并且从等离子体向支承台

14移动的离子的能量变得较低。

[0144] 在方法MT4中,在第一期间 P_1 和第二期间 P_2 中将基片配置在腔室10中。将基片载置在腔室10中的支承台14上。可以适用方法MT4的基片WD具有基底区域URD和膜FD,如图12的(a)所示。膜FD设置在基底区域URD上。基片WD还可以具有掩模MKD。掩模MKD设置在膜FD上。掩模MKD图形化以部分地暴露膜FD的表面。在一个示例中,基底区域URD由氧化硅形成,膜FD是有机膜或氧化硅膜,并且掩模MKD具有包括光致抗蚀剂膜和抗反射膜的多层结构。掩模MKD的抗反射膜设置在膜FD上。掩模MKD的抗反射膜包含硅。掩模MKD的光致抗蚀剂膜设置在掩模MKD的抗反射膜上。

[0145] 当膜FD是有机膜时,步骤ST41中使用的处理气体可以包括诸如 O_2 气体的含氧气体。当膜FD是有机膜时,在步骤ST41中使用的处理气体可以进一步包含诸如氩气的稀有气体。当膜FD是氧化硅膜时,在步骤ST41中使用的处理气体可以包括诸如 C_4F_8 的碳氟化合物气体。无论膜FD是有机膜还是氧化硅膜,在步骤ST41中使用的处理气体是包含诸如 C_4F_8 气体的碳氟化合物气体,诸如 O_2 气体的含氧气体以及诸如氩气的稀有气体的混合气体。

[0146] 在步骤ST42中使用的处理气体可以包含诸如 C_4F_8 气体的碳氟化合物气体,而不管膜FD是有机膜还是氧化硅膜。在步骤ST42中使用的处理气体可以进一步包含诸如 O_2 气体的含氧气体和诸如氩气的稀有气体。

[0147] 在步骤ST41中,向支承台14移动的离子的能量较高。因此,在步骤ST41中,用来自等离子体的离子照射膜FD,并通过化学离子蚀刻对膜FD进行蚀刻。如图12的(b)所示,在步骤ST41中,蚀刻膜FD以供给侧壁面。在步骤ST42中,向支承台14移动的离子的能量较低。在步骤ST42中,如图12的(c)所示,来自等离子体的化学物质在基片WD的表面上形成沉积物DP的膜。沉积物DP的膜由碳和/或碳氟化合物的化学种形成。

[0148] 在随后的步骤ST43中,判定是否满足停止条件。在步骤ST43中,当包括步骤ST41和步骤ST42的工序的执行次数达到规定次数时,判定满足停止条件。或者,在步骤ST43中,可以基于由发射分析器54获取的规定波长的发射强度来判定停止条件,并且包括步骤ST41和步骤ST42的工序可以基于该工序的反复执行时间长度来判定。当在步骤ST43中判定不满足停止条件时,再次执行包括步骤ST41和步骤ST42的工序。步骤ST41中的蚀刻具有各向异性。因此,在步骤ST41中,如图12的(d)所示,留在在基片WD的侧壁面上延伸的沉积物DP。另一方面,在步骤ST41中,去除在基片W的另一个表面(水平表面)上延伸的沉积物DP,并且进一步蚀刻膜FD。当在步骤ST43中判定满足停止条件时,方法MT4结束。

[0149] 在方法MT4中,交替地反复步骤ST41和步骤ST42。即,在方法MT4中,交替进行沉积物DP的形成(步骤ST42)和膜FD的蚀刻(步骤ST41)。根据方法MT4,在膜FD的蚀刻期间,膜FD的侧壁面由沉积物DP保护。

[0150] 接下来,参考图13、图14的(a)、图14的(b)、图14的(c)和图14的(d)。图13是又一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。图14的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图。图14的(b)至图14的(d)是在执行图13所示的方法MT5的多个步骤中的各步骤之后的状态下的作为一例的基片的局部放大截面图。

[0151] 图13所示的方法MT5包括步骤ST51和步骤ST52。与方法MT1的步骤ST51相同,在第一期间 P_1 中执行步骤ST51。第一期间 P_1 可以是具有与单周期 P_{LF} 的时间长度相同的时间长度的期间。在步骤ST51中,执行第一等离子体处理。类似于方法MT1的步骤ST12,在第二期间 P_2

中执行步骤ST52。第二期间 P_2 是接着第一期间 P_1 的期间。第二期间 P_2 可以是具有与单周期 P_{LF} 的时间长度相同的时间长度的期间。在步骤ST52中，执行第二等离子体处理。

[0152] 在步骤ST51中，将处理气体供给腔室10中。在步骤ST52中，将与在步骤ST51中使用的处理气体相同的处理气体或另一种处理气体供给到腔室10中。在步骤ST51和步骤ST52中，气体供给部GS由控制部80控制。在步骤ST51和步骤ST52中，排气装置50由控制部80控制，以将腔室10中的压力设定为指定压力。腔室10中的压力被设定为例如在几mTorr ~ 1000mTorr的范围内的压力。

[0153] 在步骤ST51和步骤ST52中，将第一高频功率LF连续地供给到下部电极18。即，在方法MT5中，在第一期间 P_1 和第二期间 P_2 中，将第一高频功率LF连续地供给至下部电极18。在步骤ST51和步骤ST52中，第一高频电源部61由控制部80控制，以便将第一高频功率LF供给到下部电极18。

[0154] 第二高频功率HF是脉冲状的高频功率，并且在第一期间 P_1 内的第一部分期间 SP_1 中以及在第二期间 P_2 内的第二部分期间 SP_2 中供给到下部电极18(或上部电极30)。即，在步骤ST51中，在第一部分期间 SP_1 中供给第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率。此外，在步骤ST52中，在第二部分期间 SP_2 中将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。在步骤ST51和步骤ST52中，第二高频电源部62由控制部80控制，以便供给第二高频功率HF。

[0155] 在方法MT5中，第一部分期间 SP_1 包含在第一高频功率LF的各周期 P_{LF} 内的负电压输出期间内。在方法MT5中，第二部分期间 SP_2 包含在第一高频功率LF的各周期 P_{LF} 内的正电压输出期间内。

[0156] 在步骤ST51和步骤ST52中，在腔室10中形成等离子体。在步骤ST51中，在负电压输出期间将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。因此，在步骤ST51中，支承台14上的基片的Vpp变高，并且从等离子体向支承台14移动的离子的能量变得较高。

[0157] 另一方面，在步骤ST52中，在正电压输出期间内将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。因此，在步骤ST52中，支承台14上的基片的Vpp(电压的波峰值)变低，从等离子体向支承台14移动的离子的能量变得较低。

[0158] 在方法MT5中，在第一期间 P_1 和第二期间 P_2 中将基片配置在腔室10中。将基片载置在腔室10中的支承台14上。可以适用方法MT5的基片WE具有基底区域URE和膜FE，如图14的(a)所示。膜FE设置在基底区域URE上。基片WE还可以具有掩模MKE。掩模MKE设置在膜FE上。掩模MKE图形化以部分地暴露膜FE的表面。在一个示例中，基底区域URE由氧化硅形成，膜FE由多晶硅形成，并且掩模MKE由氧化硅形成。

[0159] 在步骤ST51中使用的处理气体可以包含诸如 C_2 气体、HBr气体和 SF_6 气体的含卤素气体。在步骤ST51中使用的处理气体可以进一步包含诸如 O_2 气体的含氧气体。当与步骤ST51中使用的处理气体不同时，步骤ST52中使用的处理气体可以包括诸如 O_2 气体的含氧气体。在步骤ST52中使用的处理气体可以进一步包含诸如氩气的稀有气体。

[0160] 在步骤ST51中，向支承台14移动的离子的能量较高。因此，在步骤ST51中，用来自等离子体的离子照射膜FE，并通过化学离子蚀刻对膜FE进行蚀刻。如图14的(b)所示，在步骤ST51中，蚀刻膜FE以供给侧壁面。在步骤ST52中，向支承台14移动的离子的能量较低。在步骤ST52中，如图14的(c)所示，抑制膜FE的蚀刻，改变包括膜FE的表面的区域，形成改性区域MR。例如，通过在包含膜FE的表面的区域中氧化硅来形成改性区域MR。

[0161] 在随后的步骤ST53中,判定是否满足停止条件。在步骤ST53中,当包括步骤ST51和步骤ST52的工序的执行次数达到规定次数时,判定满足停止条件。或者,在步骤ST53中,可以基于由发射分析器54获取的规定波长的发射强度来判定停止条件,也可以基于包括步骤ST51和步骤ST52的工序或者该工序的反复执行时间长度来判定停止条件。当在步骤ST53中判定不满足停止条件时,再次执行包括步骤ST51和步骤ST52的工序。当在步骤ST53中判定满足停止条件时,方法MT5结束。

[0162] 在方法MT5中,交替地反复步骤ST51和步骤ST52。即,根据方法MT5,交替地进行膜FE的改性处理(步骤ST52)和膜FE的蚀刻(步骤ST51)。在方法MT5中,由于膜FE的侧壁面改性,所以如图14的(d)所示,抑制了步骤ST51中的侧壁面的蚀刻。

[0163] 接下来,参考图15、图16的(a)、图16的(b)、图16的(c)和图17。图15是又一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。图16的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图。图16的(b)和16的(c)是在执行图15所示的方法MT6的多个步骤中的各步骤之后的状态下的作为一例的基片的局部放大截面图。图17是与方法MT6有关的一例的时序图。在图17中,纵轴表示第一高频功率LF,同步信号SS和第二高频功率HF。

[0164] 图15所示的方法MT6包括步骤ST61和步骤ST62。类似于方法MT1的步骤ST11,在第一期间 P_1 中执行步骤ST61。在步骤ST61中,执行第一等离子体处理。类似于方法MT1的步骤ST12,在第二期间 P_2 中执行步骤ST62。第二期间 P_2 是接着第一期间 P_1 的期间。在步骤ST62中,执行第二等离子体处理。

[0165] 在步骤ST61和步骤ST62中,将处理气体供给腔室10中。在步骤ST61和步骤ST62中,通过控制部80控制气体供给部GS,以供给处理气体。在步骤ST61和步骤ST62中,排气装置50由控制部80控制,以将腔室10中的压力设定为指定压力。腔室10中的压力被设定为例如在几mTorr ~ 1000mTorr的范围内的压力。

[0166] 在步骤ST61和步骤ST62中,第一高频功率LF被连续地供给下部电极18。即,在方法MT2中,在第一期间 P_1 和第二期间 P_2 中,将第一高频功率LF连续地供给至下部电极18。在步骤ST61和步骤ST62中,由控制部80控制第一高频电源部61,以便将第一高频功率LF供给到下部电极18。

[0167] 在方法MT6中,第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率在第一期间 P_1 内的第一部分期间 SP_1 内和第二期间 P_2 的第二部分期间 SP_2 内供给下部电极18(或上部电极30)。即,在步骤ST61中,在第一部分期间 SP_1 中供给第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率。此外,在步骤ST62中,在第二部分期间 SP_2 中供给第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率。在步骤ST61和步骤ST62中,第二高频电源部62由控制部80控制,以便供给第二高频功率HF。

[0168] 在方法MT6中,第一部分期间 SP_1 包含在第一高频功率LF的各周期 P_{LF} 内的正电压输出期间内。在方法MT6中,第二部分期间 SP_2 包含在第一高频功率LF的各周期 P_{LF} 内的负电压输出期间内。

[0169] 在步骤ST61和步骤ST62中,由腔室10中的处理气体形成等离子体。在步骤ST61中,如图17所示,在正电压输出期间将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。因此,在步骤ST61中,支承台14上的基片的Vpp变低,并且从等离子体向支承台14移动的离子的能量变得较低。

[0170] 另一方面,在步骤ST62中,在负电压输出期间内将第二高频功率HF作为脉冲状的

高频功率供给。因此,在步骤ST62中,支承台14上的基片的Vpp变高,并且从等离子体向支承台14移动的离子的能量变得较高。

[0171] 如图16的(a)所示,可以适用方法MT6的基片WF具有第一膜FF1和第二膜FF2。第一膜FF1设置在第二膜FF2上。基片WF还可以具有基底区域URF和掩模MKF。第二膜FF2设置在基底区域URF上。掩模MKF设置在第一膜FF1上。掩模MKF图形化以部分地暴露第一膜FF1。在一示例中,基底区域URF由硅形成。第一膜FF1是包含硅的抗反射膜。第二膜FF2由氧化硅形成。掩模MKF由光致抗蚀剂膜形成。

[0172] 在方法MT6中,在第一期间P₁和第二期间P₂中,将基片WF配置在腔室10中。将基片WF载置在腔室10中的支承台14上。在步骤ST61和步骤ST62中使用的处理气体包含诸如CF₄气体的碳氟化合物气体。在步骤ST61和步骤ST62中使用的处理气体可以进一步包含诸如氩气的稀有气体。

[0173] 如图16的(b)所示,在步骤ST61中,用来自等离子体的离子照射第一膜FF1,通过化学离子蚀刻来蚀刻第一膜FF1,以暴露第二膜FF2。当根据由发射分析器54获得的发射强度判定第一膜FF1的蚀刻量已经减小时,步骤ST61结束。或者,在经过规定时间之后,步骤ST61结束。

[0174] 如图16的(c)所示,在步骤ST62中,用来自等离子体的离子照射第二膜FF2,通过化学离子蚀刻来蚀刻第二膜FF2,以暴露基底区域URF。当根据由发射分析器54获得的发射强度判定第二膜FB2的蚀刻量已经减小时,步骤ST62结束。例如,当判定由发射分析器54获取的CO的发射强度小于或等于规定值时,步骤ST62结束。或者,在经过规定时间之后结束步骤ST62。

[0175] 根据该方法MT6,能够进行具有作为第一膜FF1的能够以较低的能量进行蚀刻的膜以及作为第二膜FB2的需要较高的能量进行蚀刻的膜的多层膜的蚀刻。

[0176] 在方法MT6中,第二高频功率HF在第一期间P₁内的各周期P_{LF}中可作为脉冲状高频功率和连续的高频功率之一供给,而在第二期间P₂内的各周期P_{LF}中可以作为另一高频功率供给。具体来说,在方法MT6中,第二高频功率HF可在第一期间P₁内在正电压输出期间作为脉冲状的高频功率被供给,而在第二期间P₂内作为连续的高频功率被供给。可以作为。同样在这种情况下,向支承台14移动的离子的能量在第一期间P₁中较低,而在第二期间P₂中较高。

[0177] 或者,在方法MT6中,第二高频功率HF可以在第一期间P₁内作为连续的高频功率被供给,而在第二期间P₂内在负电压输出期间内作为脉冲状的高频功率被供给。同样在这种情况下,向支承台14移动的离子的能量在第一期间P₁内较低,而在第二期间P₂内较高。

[0178] 接下来,参考图18、图19、图20的(a)、图20的(b)、图20的(c)和图20的(d)。图18是又一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。图19是与图18所示的方法MT7有关的一例的时序图。图20的(a)是作为一例的基片的局部放大截面图。图20的(b)至图20的(e)是在执行方法MT7的多个步骤中的各步骤之后的作为一例的基片的局部放大截面图。

[0179] 图18所示的方法MT7包括步骤ST71和步骤ST72。与方法MT1的步骤ST71相同,在第一期间P₁执行步骤ST71。第一期间P₁是具有与单周期P_{LF}相同的时间长度的期间。第一期间P₁的开始时刻与相应周期P_{LF}的开始时刻一致。在步骤ST71中,执行第一等离子体处理。类似于方法MT1的步骤ST12,在第二期间P₂中执行步骤ST72。第二期间P₂是接着第一期间P₁的期间。

第二期间 P_2 是具有与单周期 P_{LF} 相同的时间长度的期间。第二期间 P_2 的开始时刻与相应周期 P_{LF} 的开始时刻一致。在步骤ST72中，执行第二等离子体处理。在方法MT7中，步骤ST71和步骤ST72被交替地反复。

[0180] 方法MT7还可包括步骤ST73。在步骤ST73中，执行第三等离子体处理。在第三期间 P_3 中执行步骤ST73。第三期间 P_3 是与步骤ST71和步骤ST72被交替地反复执行的期间相接着的期间。

[0181] 在步骤ST71、步骤ST72和步骤ST73中，将处理气体供给腔室10内。在步骤ST71、步骤ST72和步骤ST73中，通过控制部80控制气体供给部GS，以将处理气体供给腔室10中。在步骤ST71、步骤ST72和步骤ST73中，排气装置50由控制部80控制，以将腔室10内的压力设定为指定压力。腔室10中的压力被设定为例如在几mTorr ~ 1000mTorr的范围内的压力。

[0182] 在步骤ST71、步骤ST72和步骤ST73中，将第一高频功率LF连续地供给到下部电极18。即，在方法MT7中，在第一期间 P_1 和第二期间 P_2 中，将第一高频功率LF连续地供给至下部电极18。此外，在方法MT7中，即使在第三期间 P_3 中也连续地供给第一高频功率LF。在步骤ST71、步骤ST72和步骤ST73中，第一高频电源部61由控制部80控制，以便将第一高频功率LF供给到下部电极18。

[0183] 在步骤ST71中，将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给到下部电极18(或上部电极30)。即，在方法MT7中，第二高频功率HF在第一期间 P_1 内作为脉冲状的高频功率被供给至下部电极18(或上部电极30)。具体来说，在方法MT7中，如图19所示，第二高频功率HF在第一期间 P_1 内的正电压输出期间作为脉冲状的高频功率供给到下部电极18(或上部电极30)。在步骤ST72中，不供给第二高频功率HF。即，在第二期间 P_2 内不供给第二高频功率HF。在步骤ST73中，在各周期 P_{LF} 内的正电压输出期间内将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给到下部电极18(或上部电极30)。在步骤ST71、步骤ST72和步骤ST73中，第二高频电源部62由控制部80控制以供给和停止第二高频功率HF的供给。

[0184] 在步骤ST71中，从腔室10中的处理气体产生等离子体。在步骤ST72中，支承台14上的基片的Vpp变得比在步骤ST71中支承台14上的基片的Vpp高。因此，在第一期间 P_1 中产生的来自等离子体的离子在第二期间 P_2 中以高能量与支承台14上的基片碰撞。

[0185] 在步骤ST73中，在正电压输出期间内将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给。因此，在步骤ST73中，支承台14上的基片的Vpp变低，并且从等离子体向支承台14移动的离子的能量变得较低。

[0186] 在方法MT7中，在由第一期间 P_1 和第二期间 P_2 进行反复而构成的期间和第三期间 P_3 中将基片配置在腔室10中。将基片载置在腔室10中的支承台14上。可以适用方法MT7的基片WG具有基底区域URG和膜FG，如图20的(a)所示。膜FG设置在基底区域URG上。基片WG还可以具有掩模MKG。掩模MKG设置在膜FG上。对掩模MKG图形化以部分地暴露膜FG的表面。在一个示例中，基底区域URG由硅形成，膜FG由氧化硅形成，并且掩模MKG具有包括光致抗蚀剂膜和抗反射膜的多层结构。掩模MKG的抗反射膜设置在膜FG上。掩模MKG的抗反射膜包含硅。掩模MKG的光致抗蚀剂膜设置在掩模MKG的抗反射膜上。

[0187] 方法MT7中使用的处理气体可以包括诸如 C_4F_8 气体的碳氟化合物气体。方法MT7中使用的处理气体还可包括诸如 O_2 气体的含氧气体和诸如氩气的稀有气体。

[0188] 在步骤ST71中基片WD的Vpp低于在步骤ST72中基片WD的Vpp。在步骤ST71中，以较

低的蚀刻速率蚀刻膜FG，因此，如图20的(b)所示，膜FG的蚀刻量较小。在步骤ST72中，以高蚀刻速率蚀刻膜FG，使得膜FG的蚀刻量大，如图20的(c)所示。

[0189] 接着步骤ST72的步骤ST7a中，判定是否满足停止条件。在步骤ST7a中，当包括步骤ST71和步骤ST72的工序的执行次数达到规定次数时，判定满足停止条件。当在步骤ST7a中判定不满足停止条件时，再次执行包括步骤ST71和步骤ST72的工序。当在步骤ST7a中判定满足停止条件时，步骤ST71和步骤ST72的交替反复结束。或者，在步骤ST7a中，可以基于由发射分析器54获取的规定波长的发射强度，或基于包括步骤ST71和步骤ST72的工序的反复执行时间长度来判定停止条件。当通过交替反复步骤ST71和步骤ST72来蚀刻膜FG时，如图20的(d)所示，暴露出基底区域URG。

[0190] 在接下来执行的步骤ST73中，如图20的(e)所示执行膜FG的过蚀刻。在步骤ST73中，由于将低能量的离子供给到基片WG，因此能够在抑制对基底区域URG的损伤的同时进行膜FG的过蚀刻。

[0191] 接下来，参考图21和图22。图21是又一示例性实施例的等离子体处理方法的流程图。图22是与图21所示的方法MT8有关的一例的时序图。

[0192] 图21所示的方法MT8包括步骤ST81和步骤ST82。交替反复步骤ST81和步骤ST82。步骤ST82与步骤ST72相同。方法MT8还可包括步骤ST8a和步骤ST83。步骤ST8a与步骤ST7a相同。在步骤ST8a中，判定是否满足停止条件。在步骤ST8a，当包括步骤ST81和步骤ST82的工序的执行次数达到规定次数时，判定满足停止条件。或者，在步骤ST8a中，可以基于由发射分析器54获取的规定波长的发射强度，或基于包括步骤ST81和步骤ST82的工序的反复执行时间长度来判定停止条件。当在步骤ST8a中判定不满足停止条件时，再次执行包括步骤ST81和步骤ST82的工序。另一方面，如果在步骤ST8a中判定满足停止条件，则执行步骤ST83。步骤ST83与步骤ST73相同。

[0193] 在下文中，将描述步骤ST81和步骤ST71之间的差异。在步骤ST81中，如图22所示，在第一期间 P_1 内的负电压输出期间内将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给到下部电极18(或上部电极30)。在其它方面，步骤ST81的处理与步骤ST71的处理相同。

[0194] 在步骤ST81中与基片碰撞的离子的能量比在步骤ST71中与支承台14上的基片碰撞的离子的能量高。因此，方法MT8的步骤ST81中的膜的蚀刻速率高于步骤ST71中的相同膜的蚀刻率。此外，在步骤ST82中，支承台14上的基片的Vpp变得比在步骤ST81中支承台14上的基片的Vpp高。因此，在方法MT8中，在第一期间 P_1 中产生的来自等离子体的离子在第二期间 P_2 中以高能量入射到支承台14上的基片上。该方法MT8用于蚀刻和过度蚀刻基片WG的膜FG，所以可以使用与在方法MT7中所使用的处理气体相同的处理气体来执行。

[0195] 在根据上述各种实施例的等离子体处理方法中，根据第二高频功率HF的模式来调节向支承台14移动的离子的能量。具体来说，朝向支承台14移动的离子的能量根据是否供给第二高频功率HF而不同。离子向支承台14移动的能量取决于第二高频功率HF是作为脉冲状的高频功率供给还是作为连续的高频功率供给而不同。朝着支承台14移动的离子的能量根据在第一高频功率LF的各周期 P_{LF} 内将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给的周期而改变。例如，当在正电压输出期间将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给时，向支承台14移动的离子的能量低。此外，当在负电压输出期间将第二高频功率HF作为脉冲状的高频功率供给时，向支承台14移动的离子的能量较高。在根据各种实施例的等离子体处

理方法中,可以将维持以上模式的最长时间长度设定为第一高频功率LF的一个周期的时间长度。因此,可以高速地改变朝向支承基体14移动的离子的能量。

[0196] 尽管上面已经描述了各种示例性实施例,但是可以进行各种省略,替换和改变,而不限于上述示例性实施例。另外,可以将不同实施例中的元件组合以形成另一实施例。

[0197] 例如,可以使用感应耦合型等离子体处理装置来执行根据各种实施例的等离子体处理方法。在感应耦合型等离子体处理装置中,第二高频功率被供给到天线10中形成感应磁场。

[0198] 根据前面的描述应当理解,这里出于说明目的描述了本公开的各种实施例,并且可以在不脱离本公开的范围和精神的情况下进行各种改变。因此,本说明书公开的各种实施例并非旨在限制,其真实范围和精神由所附权利要求指示。

[0199] 附图标记说明

[0200] 10…腔室,14…支承台,18…下部电极,LF…第一高频功率,HF…第二高频功率,
 P_1 …第一期间, P_2 …第二期间, P_{LF} …周期。

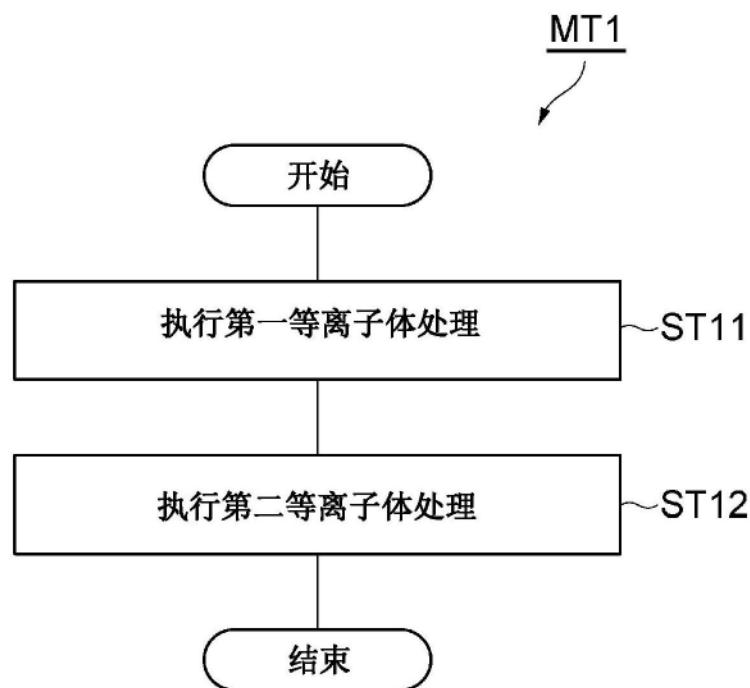


图1

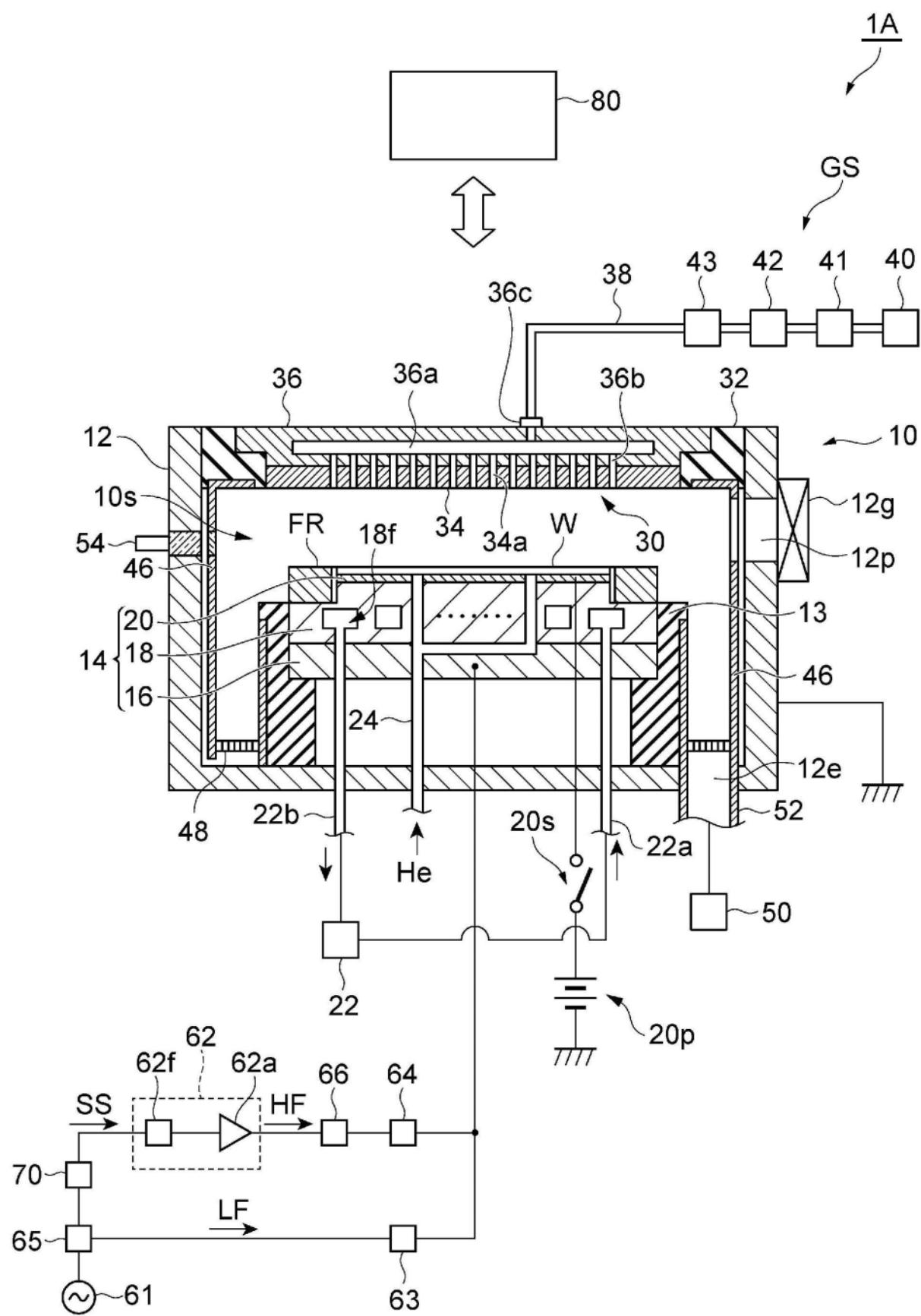
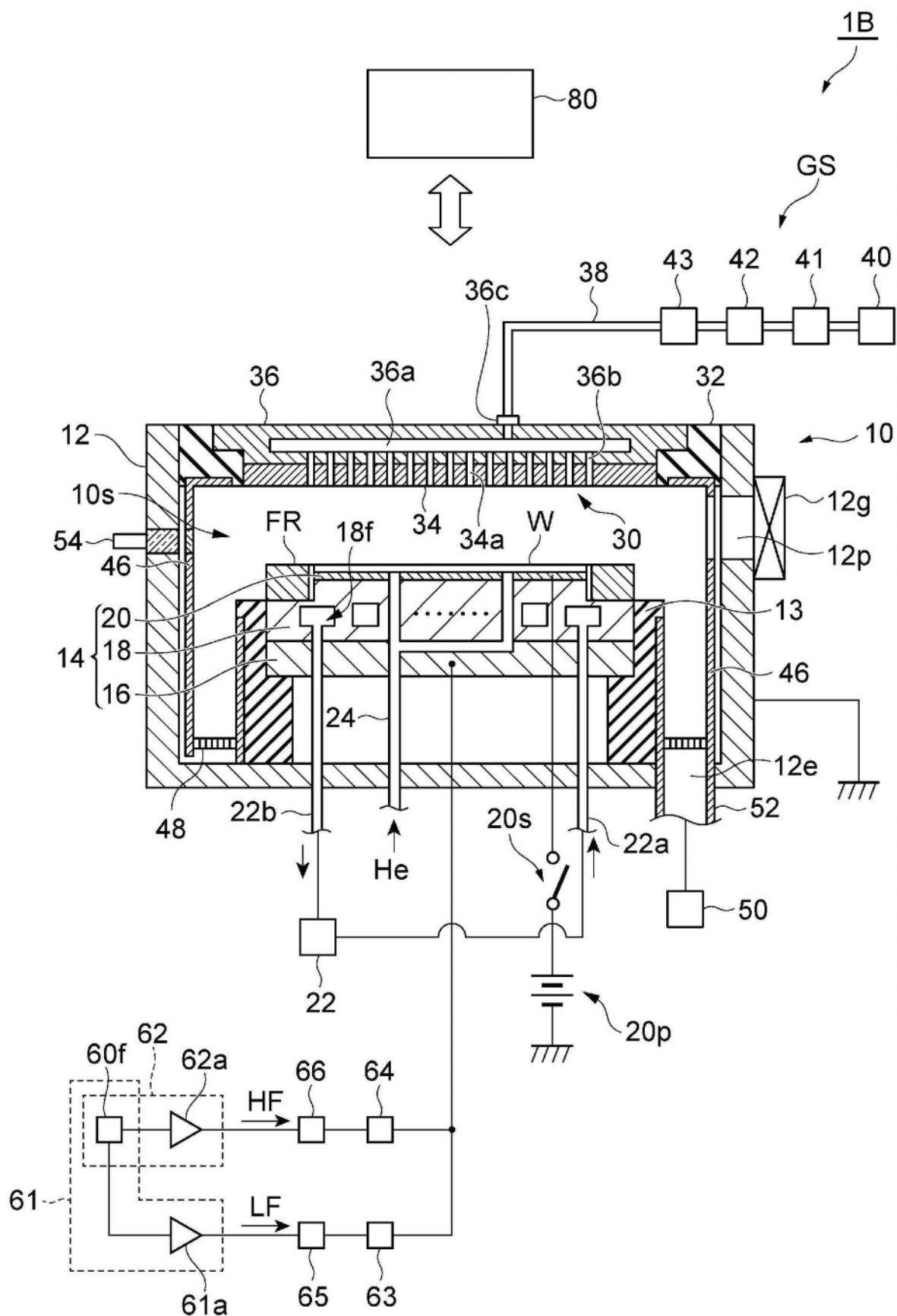


图2



冬3

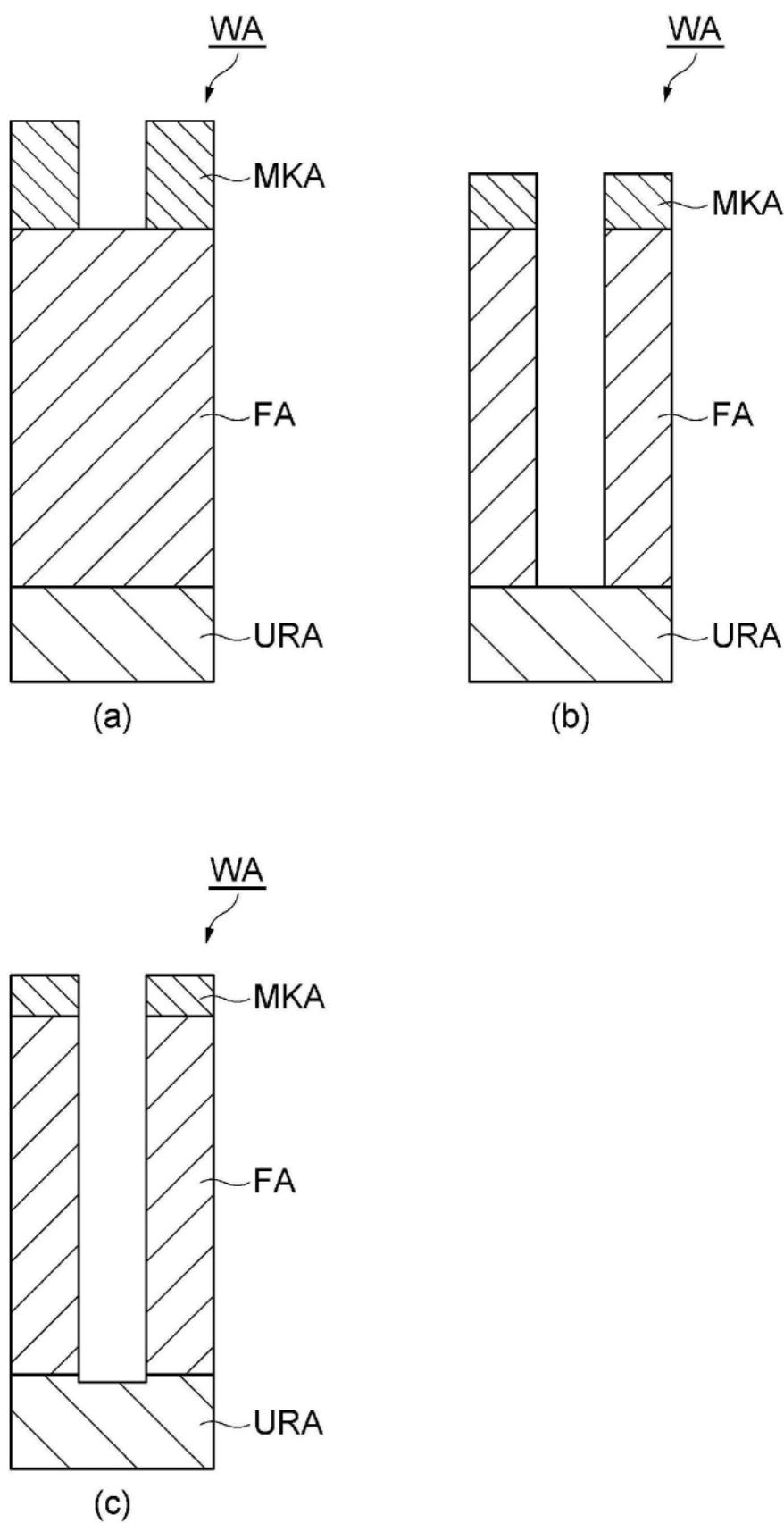


图4

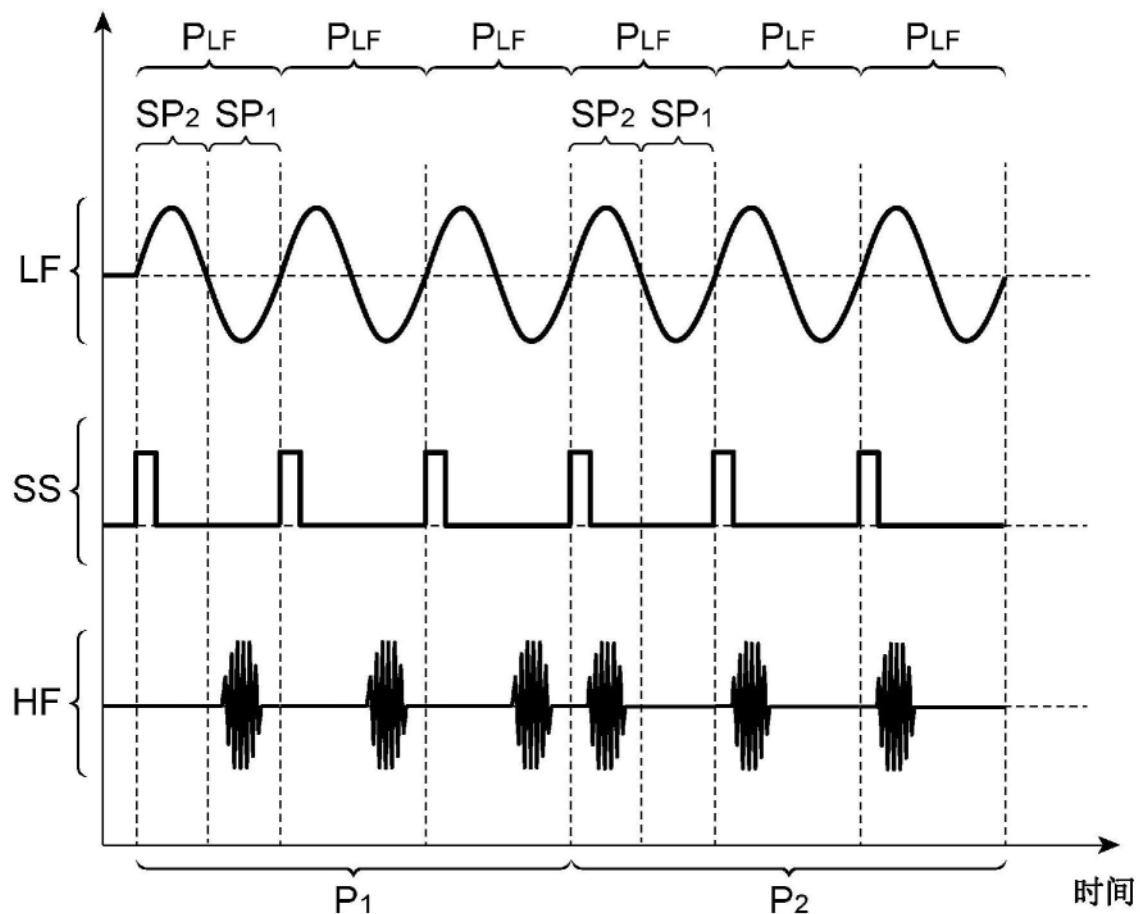


图5

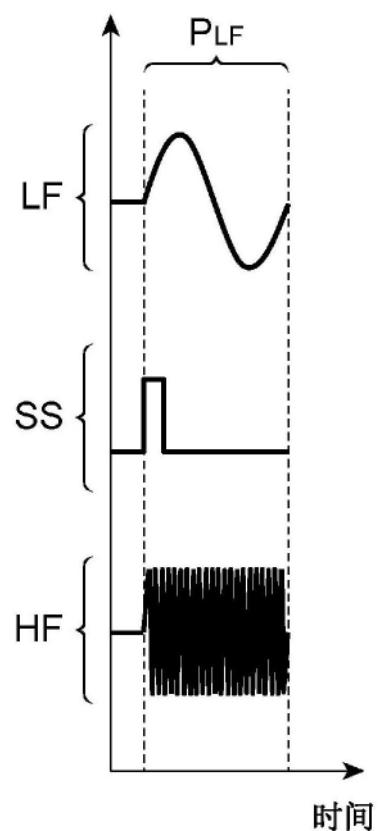


图6

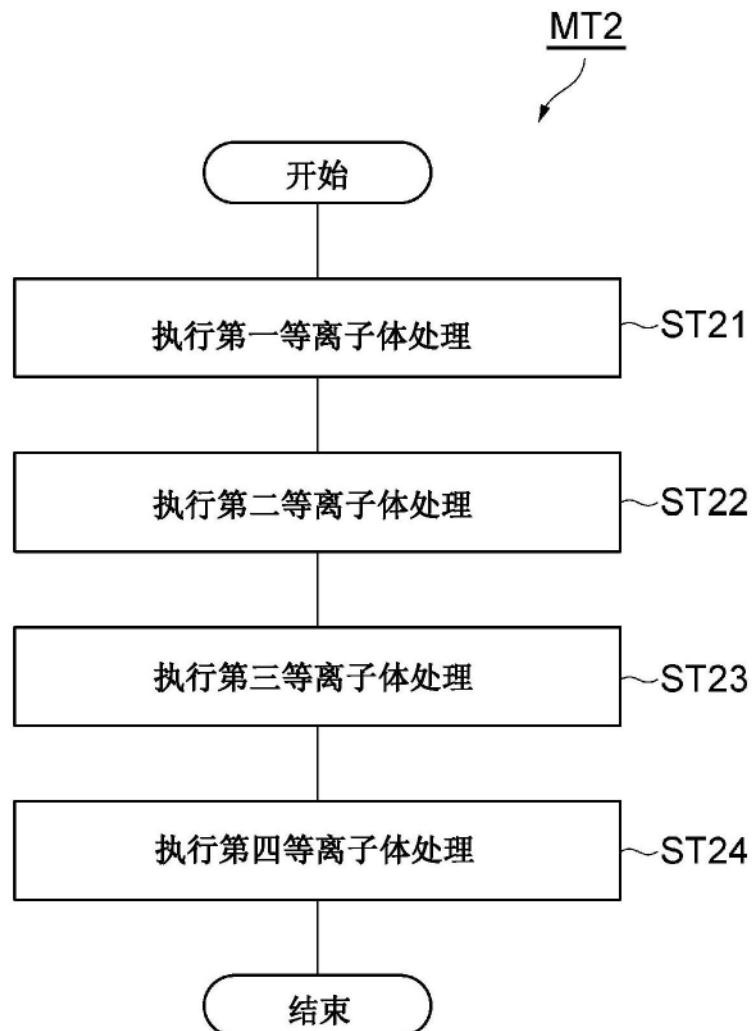


图7

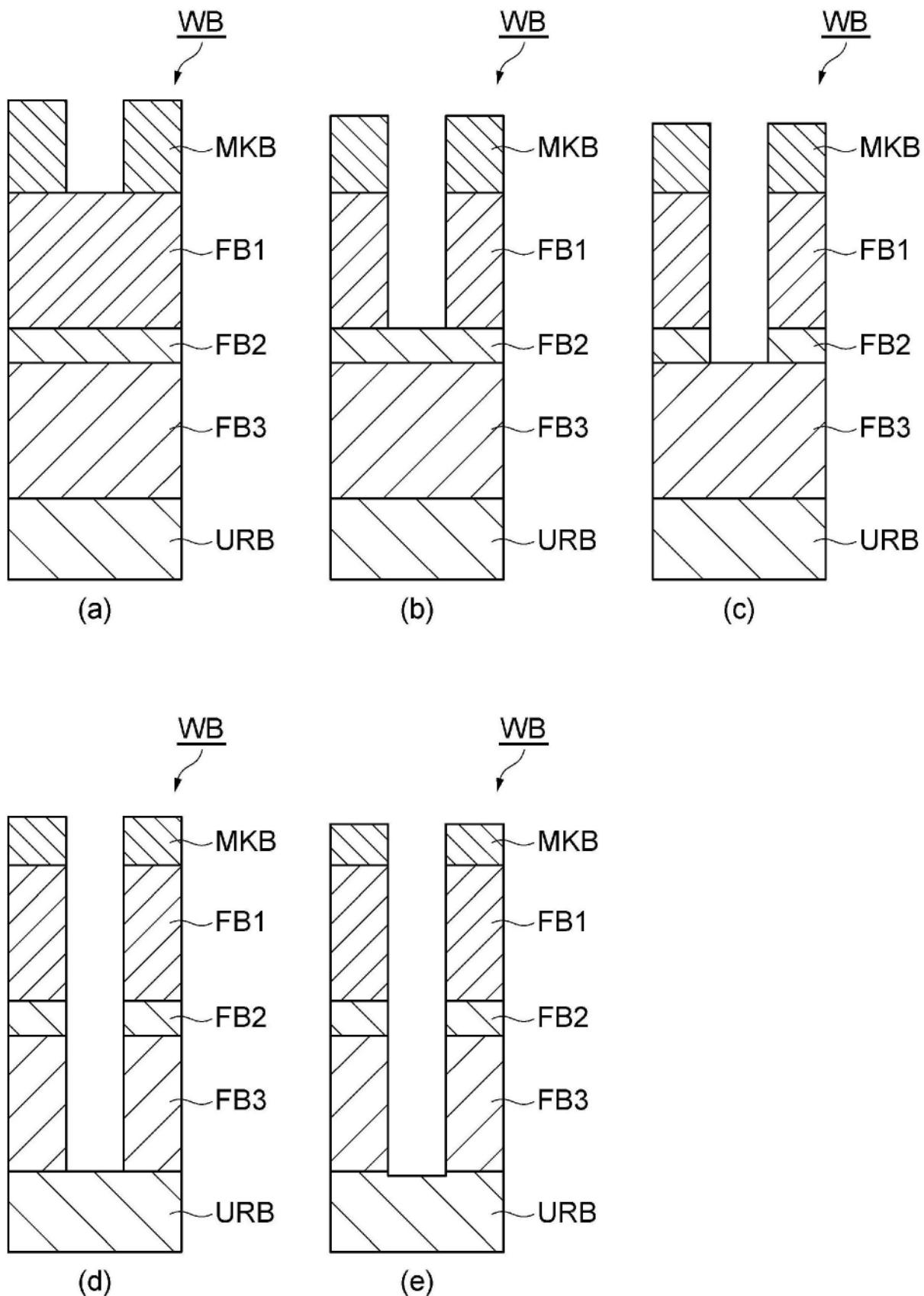


图8

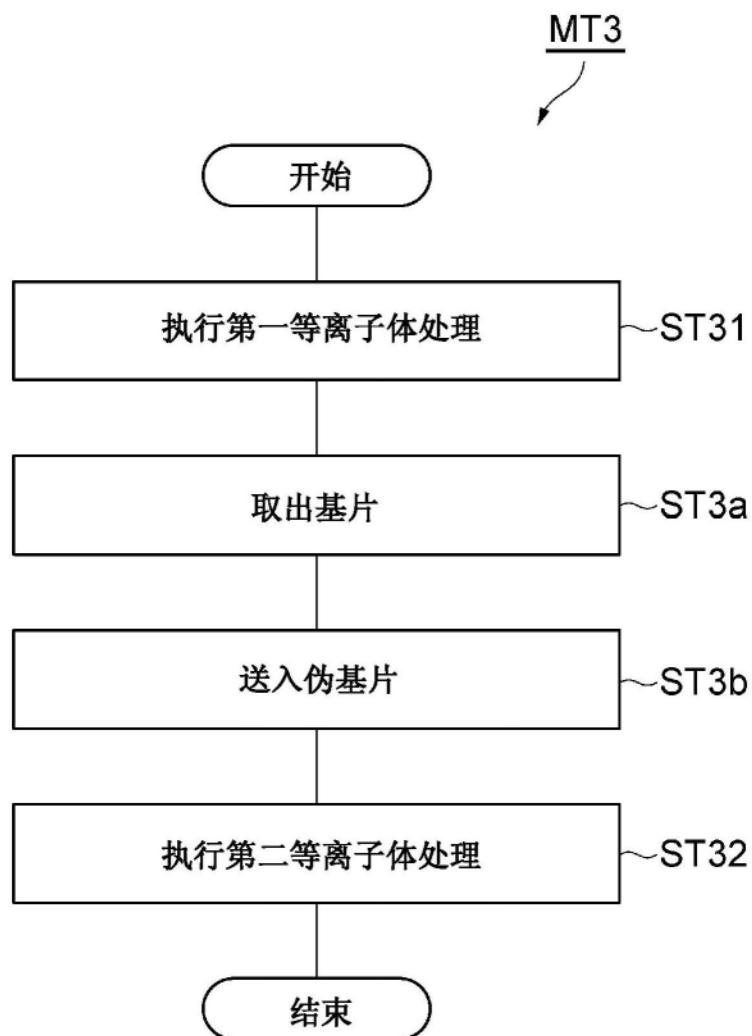
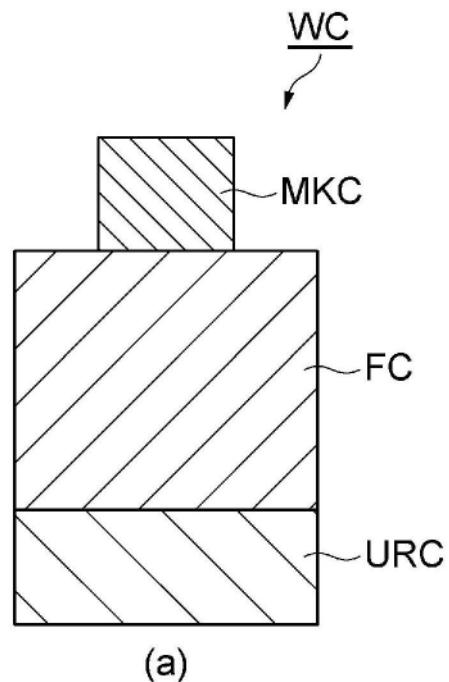
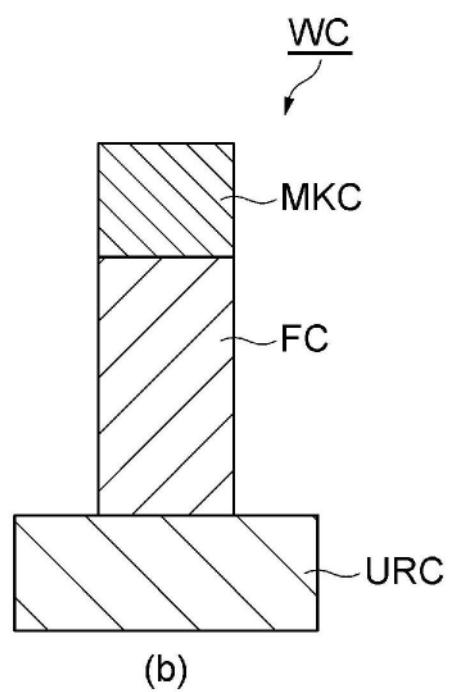


图9



(a)



(b)

图10

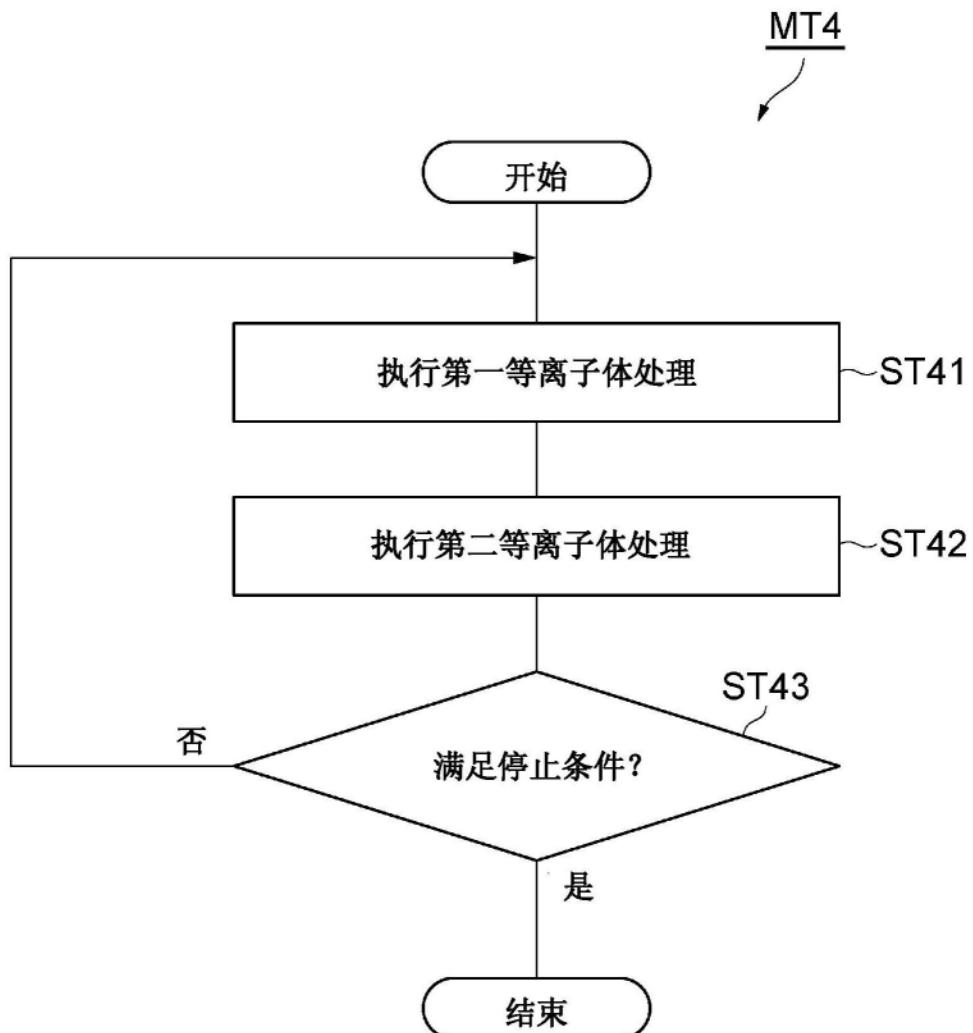


图11

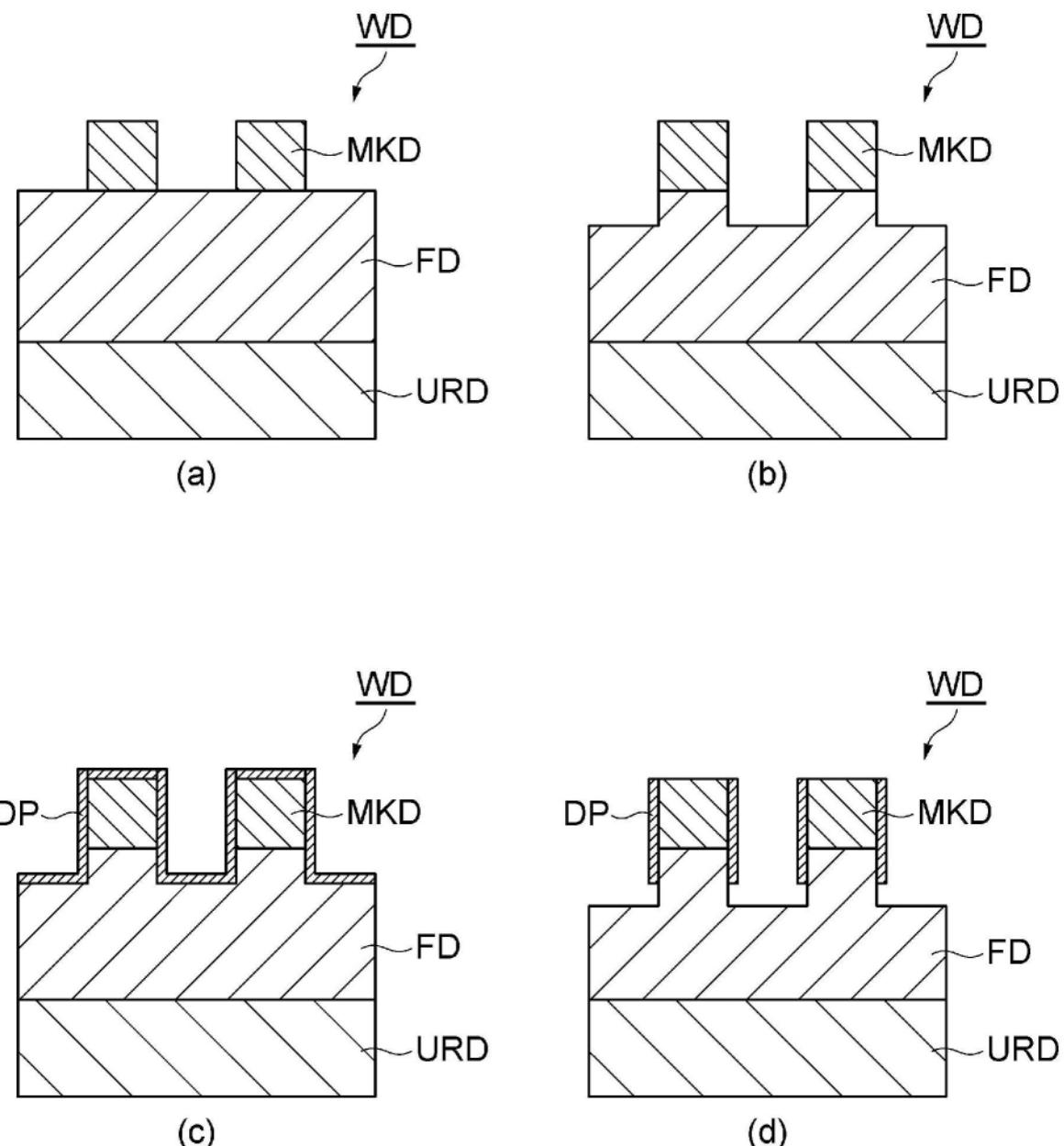


图12

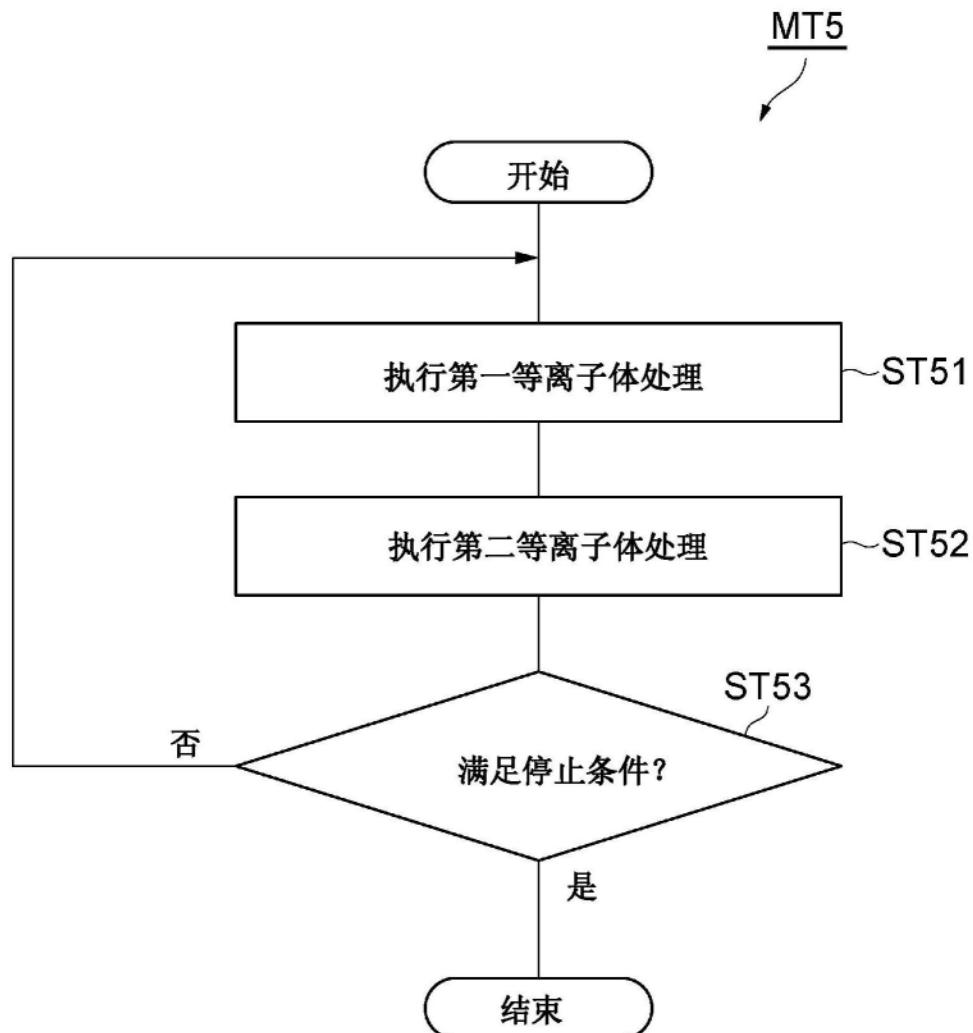


图13

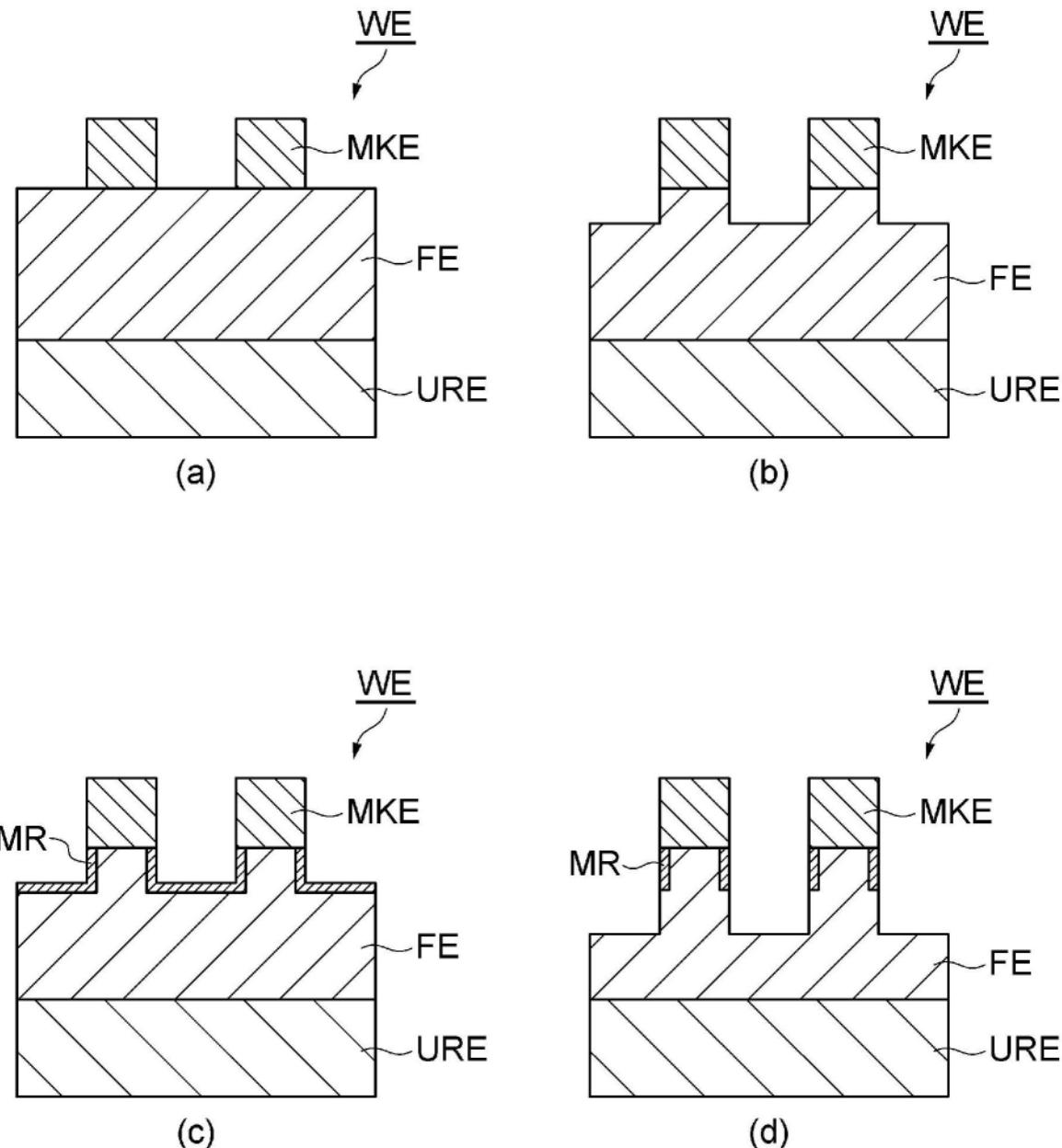


图14

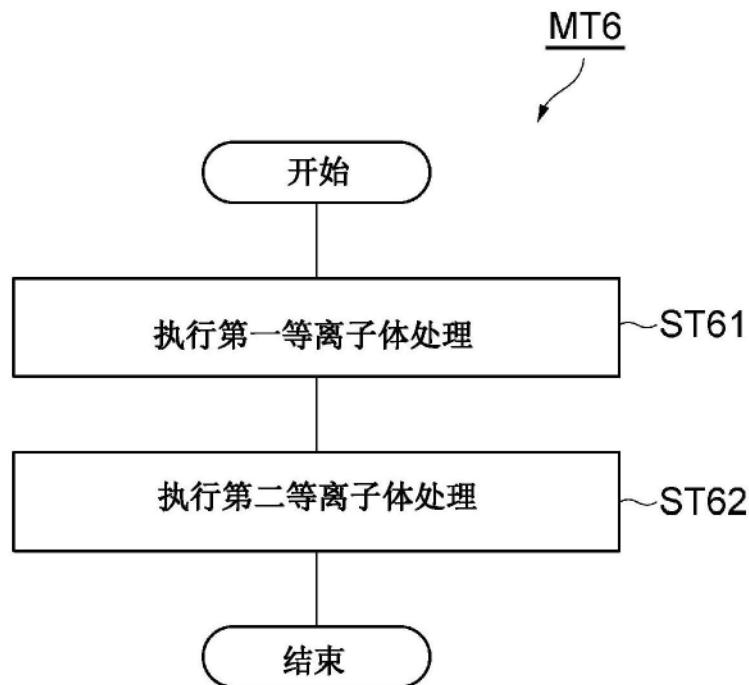


图15

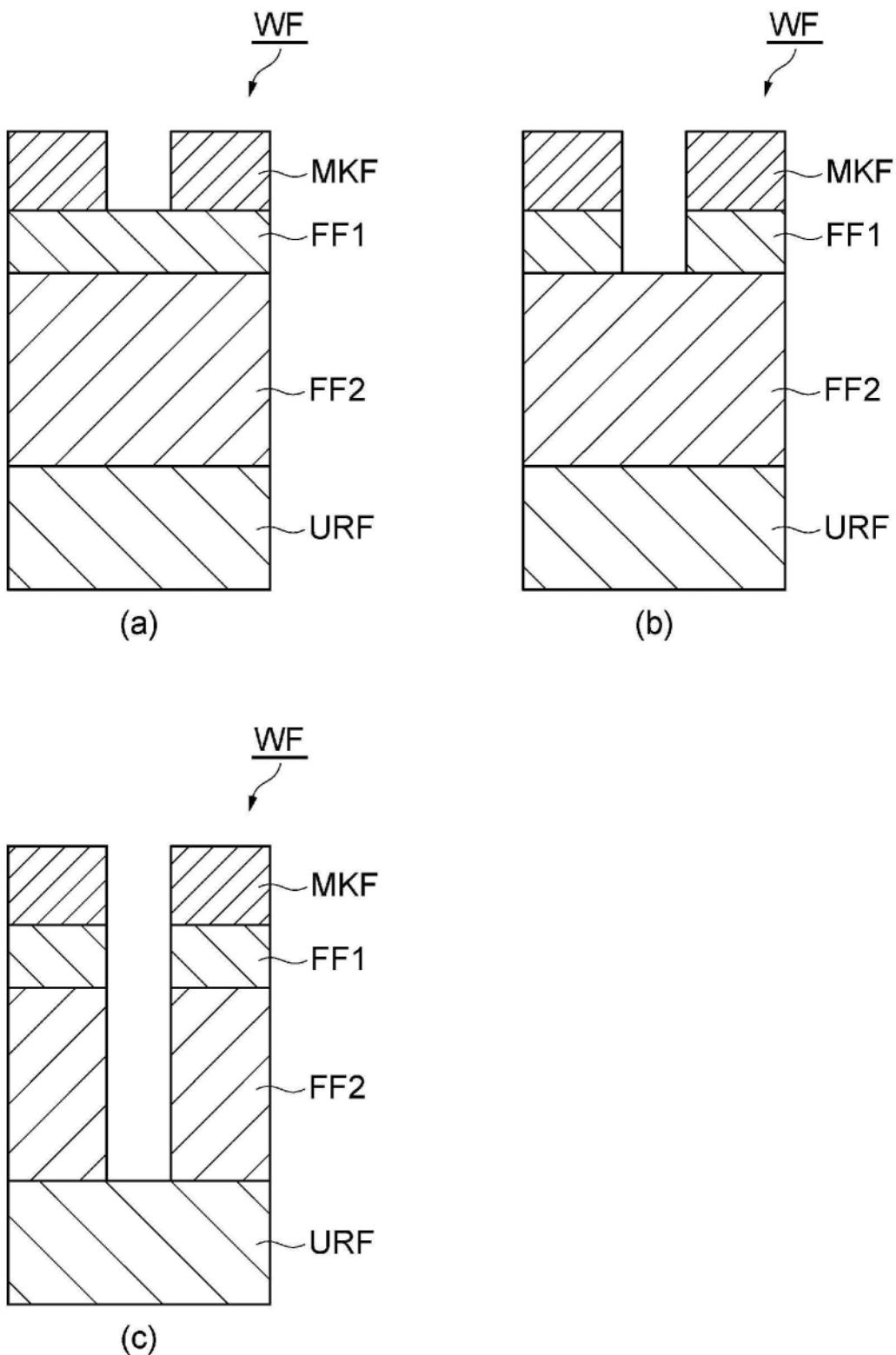


图16

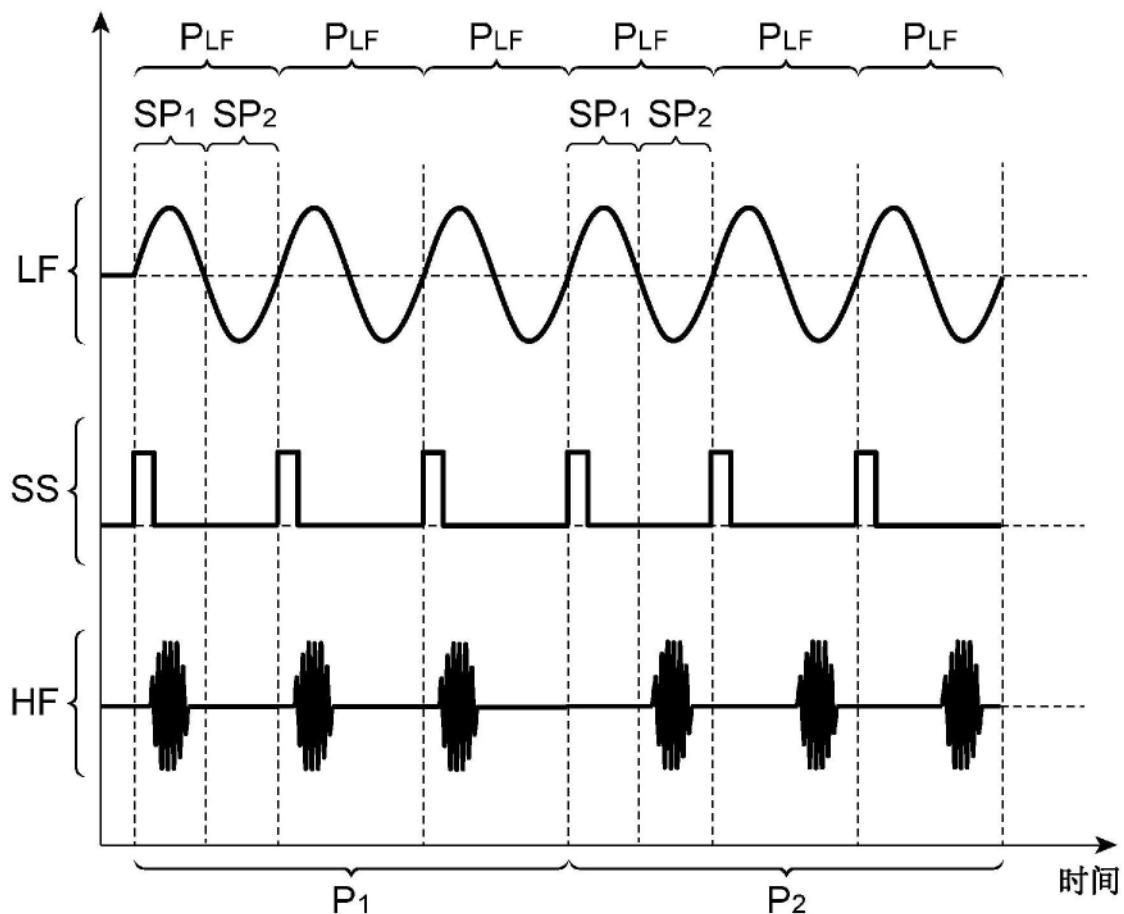


图17

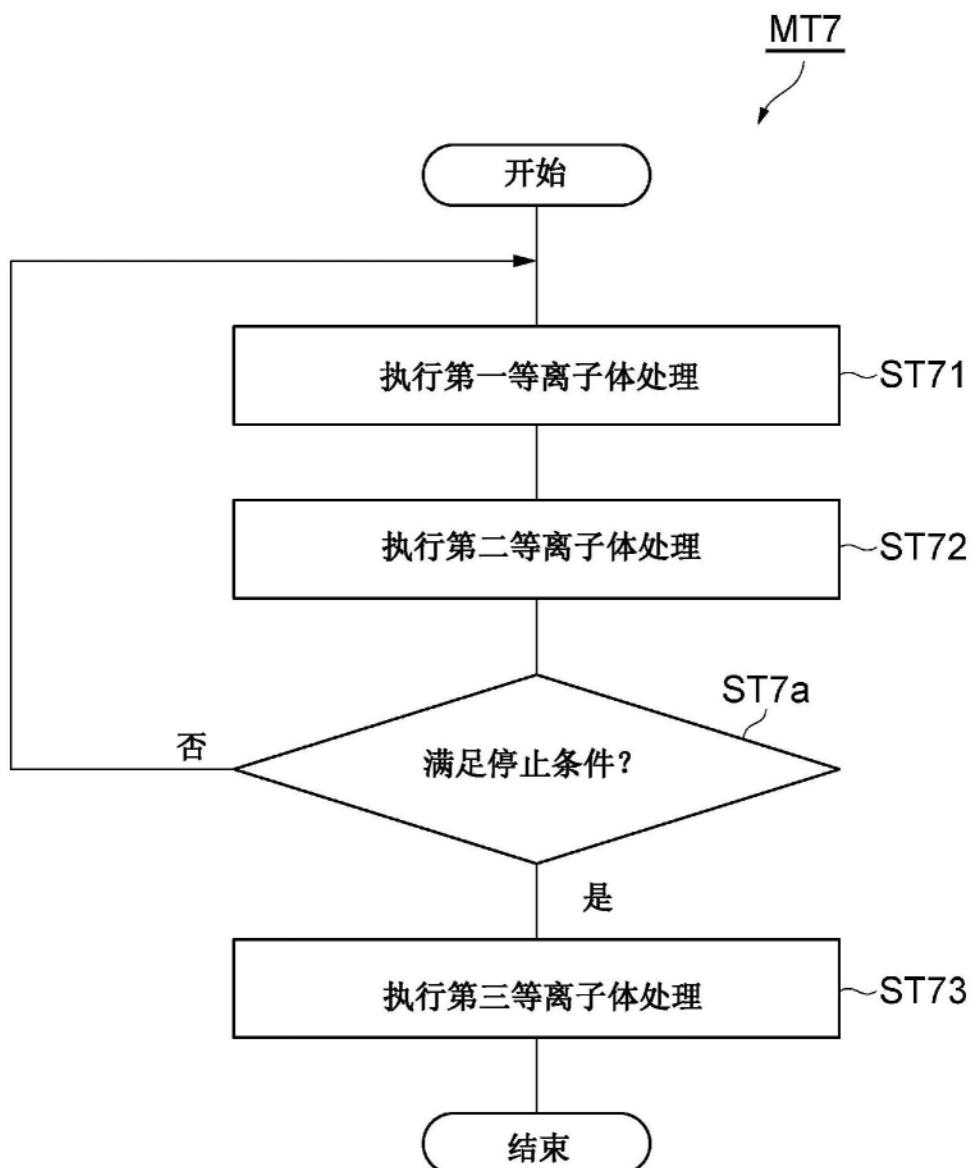


图18

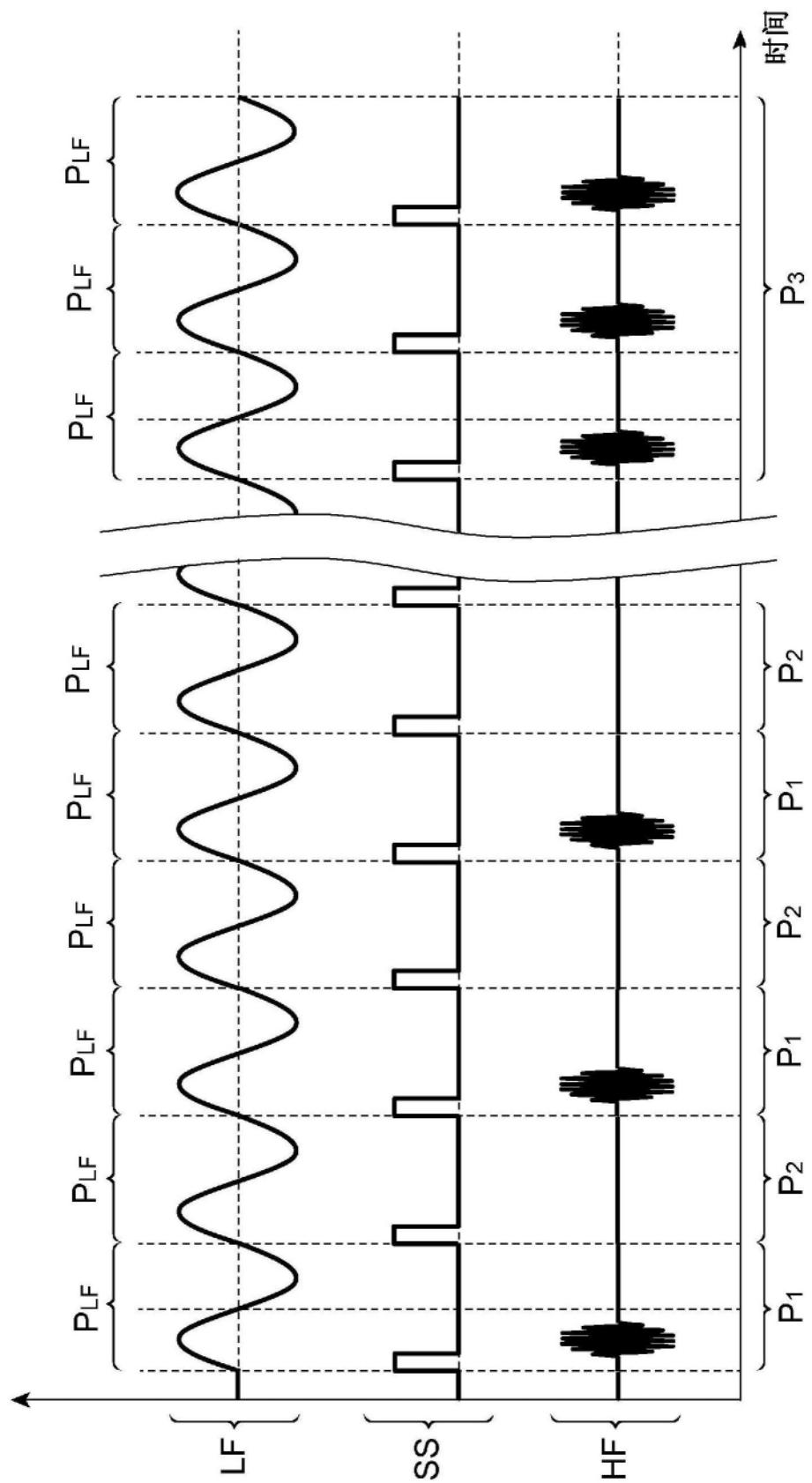


图19

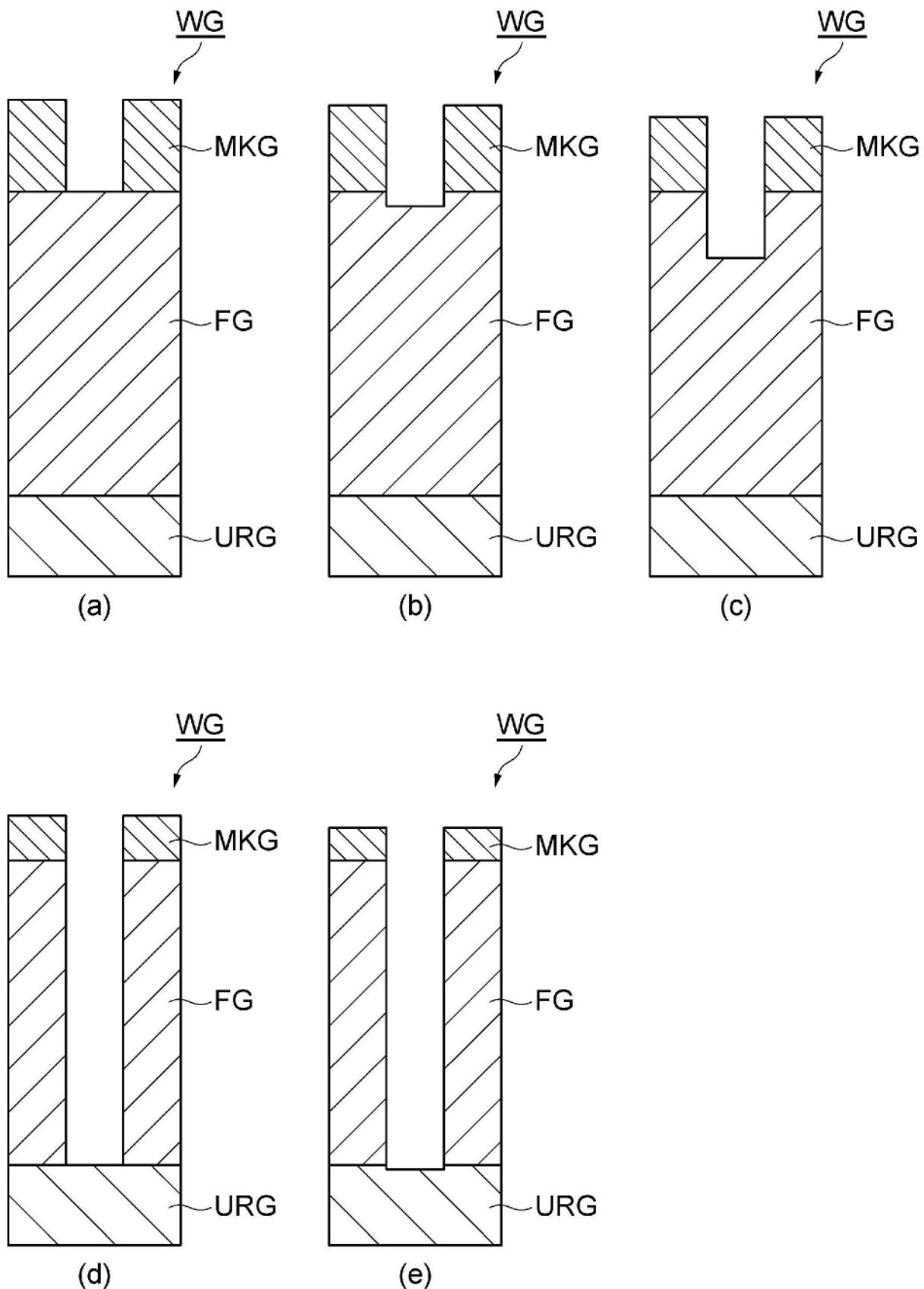


图20

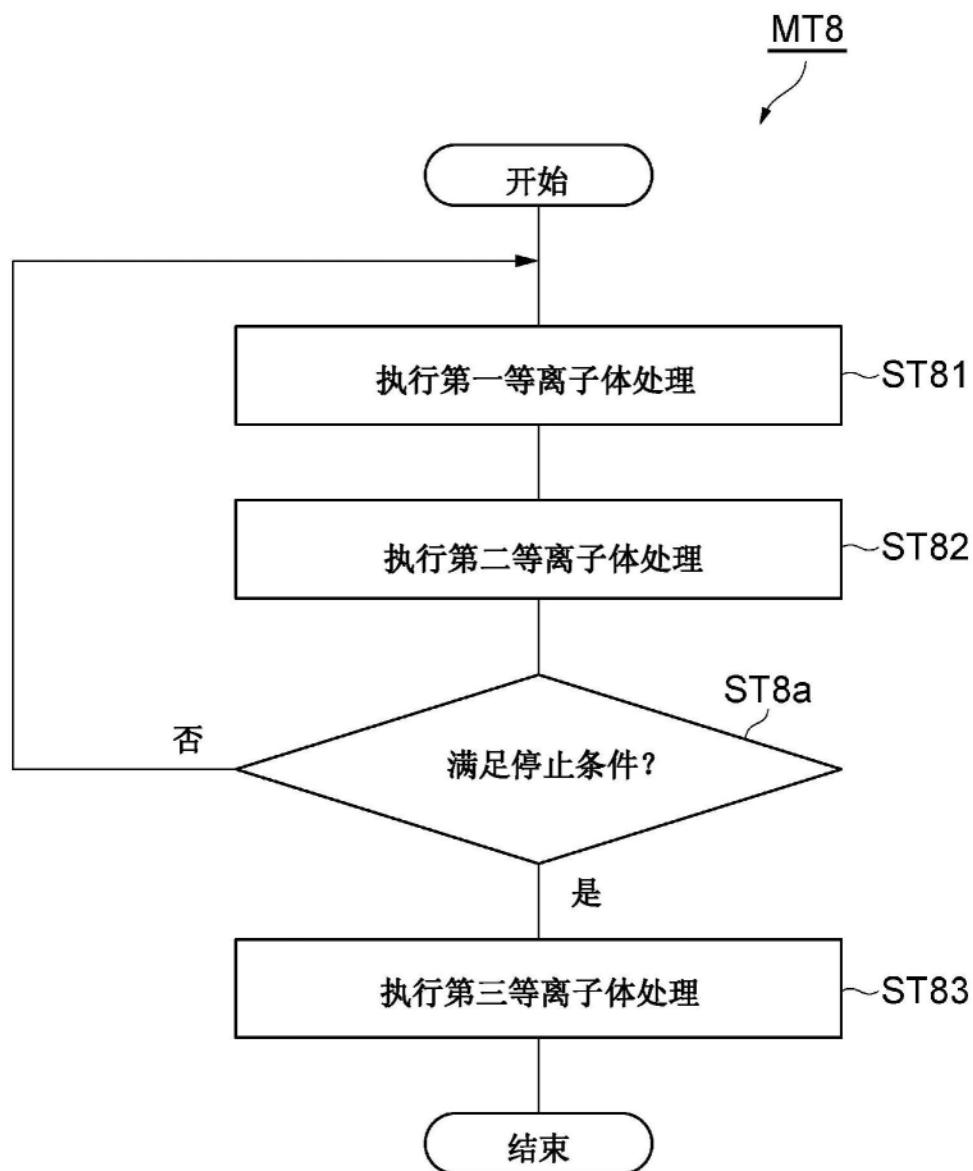


图21

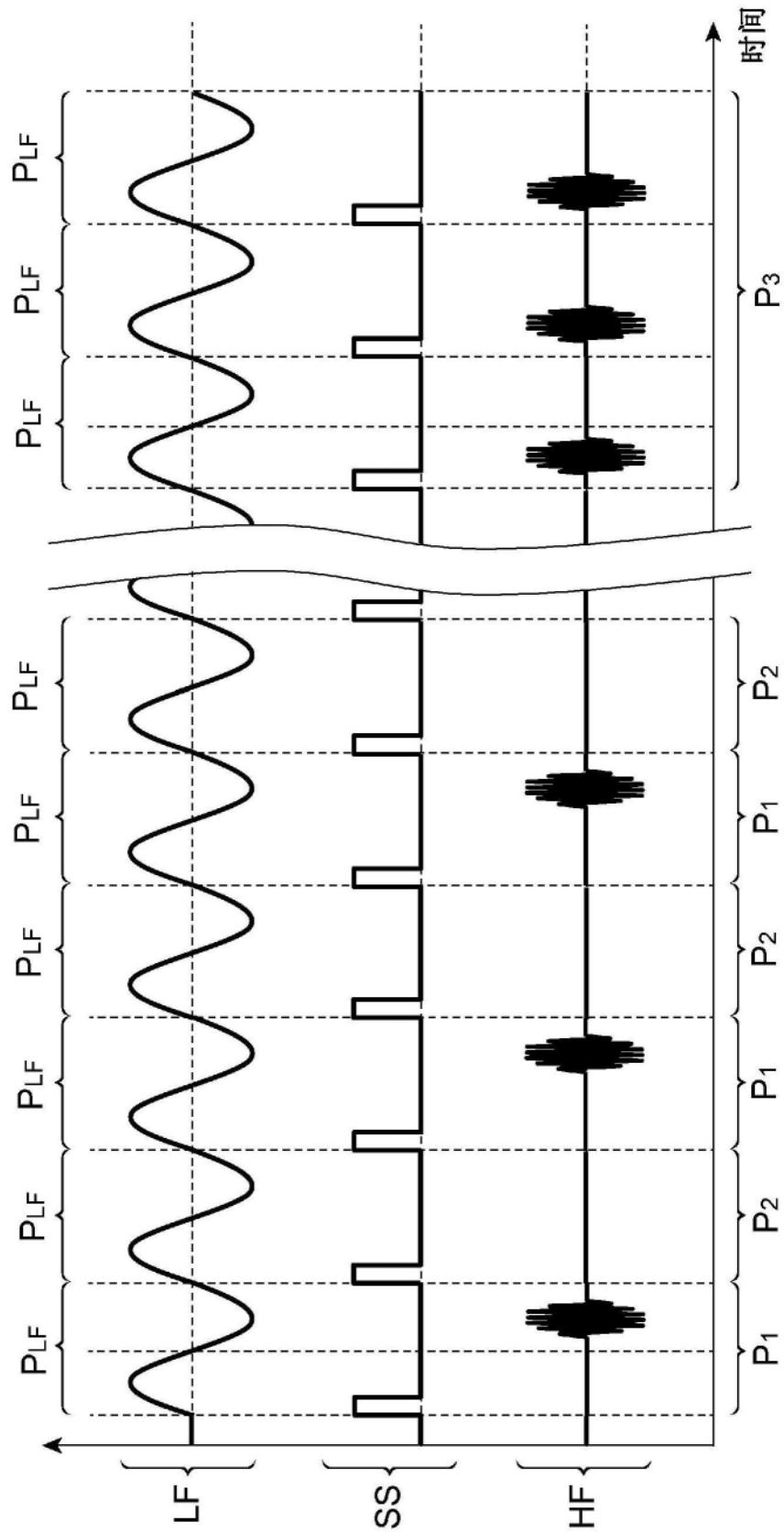


图22