



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112424911 B

(45) 授权公告日 2023. 09. 22

(21) 申请号 201980003551.4

(22) 申请日 2019.06.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112424911 A

(43) 申请公布日 2021.02.26

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.01.13

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2019/024437 2019.06.20

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/012907 JA 2020.01.16

(73) 专利权人 株式会社日立高新技术
地址 日本东京都

(72) 发明人 园田靖

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

专利代理师 吴秋明

(51) Int.Cl.
H01L 21/3065 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2009229522 A1, 2009.09.17
JP 2012174736 A, 2012.09.10
JP 特开2012-174736 A, 2012.09.10
JP 昭60-50923 A, 1985.03.22
EP 0363982 A2, 1990.04.18
US 2016/0133530 A1, 2016.05.12
CN 104241071 A, 2014.12.24
CN 103650645 A, 2014.03.19
CN 107221493 A, 2017.09.29
JP 特开2008-244294 A, 2008.10.09 (续)

审查员 霍文静

权利要求书4页 说明书9页 附图4页

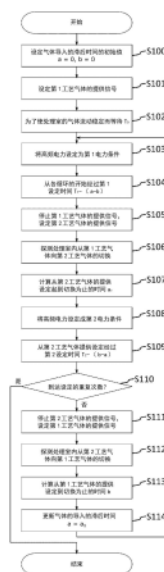
(54) 发明名称

等离子体处理装置以及等离子体处理方法

(57) 摘要

等离子体处理装置具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,在该等离子体处理装置中进一步具备控制装置,其在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第二高频电源以使得所述第二高频电力从所述第一步骤的所述第二高频电力的值向所述第二步骤的所述第二高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第一气体的提供时间,以使所述第一步骤的所述第二高频电力的提供时间与所述第一步骤的时间大致同等,所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,所述第一时间是从所述第一步骤的开始时

间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。



CN 112424911 B

[接上页]

(56) 对比文件

JP 特开2017-22136 A, 2017.01.26

JP 特开2016-219771 A, 2016.12.22

WO 2016/046976 A1, 2016.03.31

KR 10-2019-0062146 A, 2019.06.05

陈钢, 潘佰良, 姚志欣. 气体脉冲放电等离子体阻抗的参量研究. 物理学报. 2003, (07), 第75-79页.

1. 一种等离子体处理装置, 具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,

所述等离子体处理装置的特征在于还具备:

控制装置, 其在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第一高频电源以使得所述第一高频电力从所述第一步骤的所述第一高频电力的值向所述第二步骤的所述第一高频电力的值变化的情况下, 使用第一时间和第二时间来控制所述第一气体的提供时间, 使得所述第一步骤的所述第一高频电力的提供时间与所述第一步骤的时间同等,

所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,

所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,

所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

2. 一种等离子体处理装置, 具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,

所述等离子体处理装置的特征在于还具备:

控制装置, 其在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第二高频电源以使得所述第二高频电力从所述第一步骤的所述第二高频电力的值向所述第二步骤的所述第二高频电力的值变化的情况下, 使用第一时间和第二时间来控制所述第一气体的提供时间, 使得所述第一步骤的所述第二高频电力的提供时间与所述第一步骤的时间同等,

所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,

所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,

所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

3. 根据权利要求1或2所述的等离子体处理装置, 其特征在于,

所述控制装置控制所述第一气体的提供时间, 使得所述第一气体的提供时间成为从所述第一步骤的时间减去给定值的时间,

所述给定值是从所述第二时间减去所述第一时间。

4. 一种等离子体处理装置, 具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,

所述等离子体处理装置的特征在于还具备:

控制装置, 其在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第一高频电源以使得所述第一高频电力从所述第一步骤的所述第一高频电力的值向所述第二步骤的所述第一高频电力的值变化的情况

下,使用第一时间和第二时间来控制所述第二气体的提供时间,使得所述第二步骤的所述第一高频电力的提供时间与所述第二步骤的时间同等,

所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,

所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,

所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

5. 一种等离子体处理装置,具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,

所述等离子体处理装置的特征在于还具备:

控制装置,在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第二高频电源以使得所述第二高频电力从所述第一步骤的所述第二高频电力的值向所述第二步骤的所述第二高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第二气体的提供时间,使得所述第二步骤的所述第二高频电力的提供时间与所述第二步骤的时间同等,

所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,

所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,

所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

6. 根据权利要求4或5所述的等离子体处理装置,其特征在于,

所述控制装置控制所述第二气体的提供时间,使得所述第二气体的提供时间成为从所述第二步骤的时间减去给定值的时间,

所述给定值是从所述第一时间减去所述第二时间的值。

7. 一种利用了等离子体处理装置的等离子体处理方法,所述等离子体处理装置具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,

所述等离子体处理方法的特征在于,

在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第一高频电源以使得所述第一高频电力从所述第一步骤的所述第一高频电力的值向所述第二步骤的所述第一高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第一气体的提供时间,使得所述第一步骤的所述第一高频电力的提供时间与所述第一步骤的时间同等,

所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,

所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,

所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

8. 一种利用了等离子体处理装置的等离子体处理方法,所述等离子体处理装置具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,

所述等离子体处理方法的特征在于,

在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第二高频电源以使得所述第二高频电力从所述第一步骤的所述第二高频电力的值向所述第二步骤的所述第二高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第一气体的提供时间,使得所述第一步骤的所述第二高频电力的提供时间与所述第一步骤的时间同等,

所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,

所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,

所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

9. 一种利用了等离子体处理装置的等离子体处理方法,所述等离子体处理装置具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,

所述等离子体处理方法的特征在于,

在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第一高频电源以使得所述第一高频电力从所述第一步骤的所述第一高频电力的值向所述第二步骤的所述第一高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第二气体的提供时间,使得所述第二步骤的所述第一高频电力的提供时间与所述第二步骤的时间同等,

所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,

所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,

所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

10. 一种利用了等离子体处理装置的等离子体处理方法,所述等离子体处理装置具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,

所述等离子体处理方法的特征在于,

在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第二高频电源以使得所述第二高频电力从所述第一步骤的所述第二高频电力的值向所述第二步骤的所述第二高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第二气体的提供时间,使得所述第二步骤的所述第二高频电力的提供时间与所述第二步骤的时间同等,

所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,

所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的

时间，

所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

等离子体处理装置以及等离子体处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及等离子体处理装置以及等离子体处理方法。

背景技术

[0002] 在半导体器件的制造工序中,谋求应对半导体装置中所含的组件的微细化、集成化。例如在集成电路、毫微电气机械系统中,进一步推进结构物的纳米级化。

[0003] 通常,在半导体器件的制造工序中,为了成形微细图案而使用光刻技术。该技术在抗蚀剂层上运用器件结构的图案,将通过抗蚀剂层的图案而露出的基板选择性地蚀刻除去。在之后的处理工序中,若在蚀刻区域内沉积其他材料,就能形成集成电路。

[0004] 然而在将掩模形状转印到下层膜的蚀刻工序中,要求更高的形状控制性,例如在蚀刻长宽比高的垂直形状时,需要高超的技术。作为这样的技术之一而已知气体脉冲法,在该气体脉冲法中,保持生成等离子体的状态不变地,将蚀刻气体和形成对该蚀刻气体蚀刻耐性高的保护膜沉积气体周期性交替地导入处理室,进行等离子体蚀刻处理。

[0005] 例如在专利文献1中公开了:为了在交替导入气体时更加提高各个气体的效果而在导入蚀刻气体的工艺和导入沉积气体的工艺中使自偏压产生,因此使向样品台提供的高频电力与气体的导入同步改变。

[0006] 在使用气体脉冲法交替进行蚀刻和保护膜形成的同时进行蚀刻处理的情况下,被称作扇形孔的微小的阶差形状形成在蚀刻后的加工孔侧面,但该微小的阶差形状对半导体器件的形成而言并不期望。为了抑制该微小的阶差形状,将交替导入的气体各自的导入时间缩短而设为1~3秒是有效的。

[0007] 气体向处理室的导入量的控制一般通过对气体提供装置(Mass Flow Controller:MFC,质量流量控制器)给予用于流过所期望的气体流量的控制信号来进行。但在对气体提供装置给予流量的信号后,直到气体被导入处理室为止,受到气体提供装置的响应时间、气体配管、簇射板、处理室内的压力、气体的流动等影响,会产生1秒程度的延迟,另外,该延迟带有0.2~0.3秒左右的偏差。

[0008] 为此,在将气体导入时间设为1~3秒程度的情况下,需要考虑对气体提供装置给予控制信号起直到气体实际被导入处理室为止的延迟来进行控制。这是因为,若不进行这样的控制,就会在进行蚀刻或保护膜形成的工艺的气体被导入处理室内的定时、和将使偏压、等离子体产生的电力等工艺参数控制在适合各个工艺的地值的定时产生不能无视的时间的偏离,实现不了最佳的处理。

[0009] 另外,为了减低气体导入的延迟时间的偏差的影响,需要在实时掌握向处理室的气体导入的正确的时间的同时进行其他工艺参数的控制。

[0010] 作为判定蚀刻气体与沉积气体的交换的方法,如专利文献2公开的那样,有如下方法:通过使用发光光谱/质量分析计检测气体比来求取蚀刻气体与沉积气体的切换时间,使高频电力同步。

[0011] 另外,如专利文献3公开的那样,还已知如下方法:在基于等离子体阻抗的变化探

测到从一方的气体向另一方的气体的切换后,控制高频电源,以使从高频电源提供的高频电力变化。

[0012] 现有技术文献

[0013] 专利文献

[0014] 专利文献1:JP特开昭60-50923号公报

[0015] 专利文献2:JP特开平2-105413号公报

[0016] 专利文献3:JP特开2016-92342号公报

发明内容

[0017] 发明要解决的课题

[0018] 但在上述现有技术中,并非充分考虑在多个等离子体处理装置间产生的设备差异的课题。具体地,在专利文献2或专利文献3公开的方法中,由于以气体的切换为基准使高频电力变化,因此蚀刻气体或沉积气体等流过处理室内的时间成为施加与各个气体对应的高频电力的时间。

[0019] 由气体提供装置等构成的气体提供系统与高频电力源相比响应性差,由此多个装置的气体提供系统间的响应性的差也比多个装置的高频电力源间的响应性的差要大。但由于高频电力的施加时间根据气体流过处理室的时间来决定,因此在多个等离子体处理装置间,气体提供系统的响应性的设备差异成为高频电力的施加时间的设备差异来表现。由此,在等离子体处理装置间产生比由于高频电力源的响应性的设备差异而产生的施加时间的设备差异更大的设备差异,处理时间会出现偏差,有会使量产稳定性降低的课题。

[0020] 总之,鉴于上述课题,本发明目的在于,提供一种等离子体处理装置以及等离子体处理方法,在周期性切换气体的同时进行等离子体处理的多个等离子体处理装置间,能进行高频电力的施加时间的设备差异小且形状控制性高的等离子体蚀刻。

[0021] 用于解决课题的手段

[0022] 为了解决上述课题,代表性的本发明的等离子体处理装置通过如下方案达成:具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,所述等离子体处理装置还具备:控制装置,其在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第一高频电源以使得所述第一高频电力从所述第一步骤的所述第一高频电力的值向所述第二步骤的所述第一高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第一气体的提供时间,使得所述第一步骤的所述第一高频电力的提供时间与所述第一步骤的时间大致同等,所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

[0023] 进而,代表性的本发明的等离子体处理装置通过如下方案达成:具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,所述等离子体处理装置还具备:控制装置,其在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二

气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第二高频电源以使得所述第二高频电力从所述第一步骤的所述第二高频电力的值向所述第二步骤的所述第二高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第一气体的提供时间,使得所述第一步骤的所述第二高频电力的提供时间与所述第一步骤的时间大致同等,所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

[0024] 进而,代表性的本发明的等离子体处理装置通过如下方案达成:具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,所述等离子体处理装置还具备:控制装置,其在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第一高频电源以使得所述第一高频电力从所述第一步骤的所述第一高频电力的值向所述第二步骤的所述第一高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第二气体的提供时间,使得所述第二步骤的所述第一高频电力的提供时间与所述第二步骤的时间大致同等,所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

[0025] 进而,代表性的本发明的等离子体处理装置通过如下方案达成:具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,所述等离子体处理装置还具备:控制装置,在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第二高频电源以使得所述第二高频电力从所述第一步骤的所述第二高频电力的值向所述第二步骤的所述第二高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第二气体的提供时间,使得所述第二步骤的所述第二高频电力的提供时间与所述第二步骤的时间大致同等,所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

[0026] 进而,代表性的本发明的等离子体处理方法通过如下方案达成:所述等离子体处理方法利用了等离子体处理装置,所述等离子体处理装置具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第一高频电源以使得所述第一高频电力从所述第一步骤的所述第一高频电力的值向所述第二步骤的所述第一高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第一气体的提供时间,使得所述第一步骤的所述第一高频电力的提供时间与所述第一步骤的时间大致同等,所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,所述第二时间是

从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

[0027] 进而,代表性的本发明的等离子体处理方法通过如下方案达成:所述等离子体处理方法利用了等离子体处理装置,所述等离子体处理装置具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第二高频电源以使得所述第二高频电力从所述第一步骤的所述第二高频电力的值向所述第二步骤的所述第二高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第一气体的提供时间,使得所述第一步骤的所述第二高频电力的提供时间与所述第一步骤的时间大致同等,所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

[0028] 进而,代表性的本发明的等离子体处理方法通过如下方案达成:所述等离子体处理方法利用了等离子体处理装置,所述等离子体处理装置具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第一高频电源以使得所述第一高频电力从所述第一步骤的所述第一高频电力的值向所述第二步骤的所述第一高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第二气体的提供时间,使得所述第二步骤的所述第一高频电力的提供时间与所述第二步骤的时间大致同等,所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

[0029] 进而,代表性的本发明的等离子体处理方法通过如下方案达成:所述等离子体处理方法利用了等离子体处理装置,所述等离子体处理装置具备对样品进行等离子体处理的处理室、提供用于使等离子体生成的第一高频电力的第一高频电源、载置所述样品的样品台和对所述样品台提供第二高频电力的第二高频电源,在基于从第一步骤的气体即第一气体向第二步骤的气体即第二气体切换时产生的等离子体阻抗的变化来控制所述第二高频电源以使得所述第二高频电力从所述第一步骤的所述第二高频电力的值向所述第二步骤的所述第二高频电力的值变化的情况下,使用第一时间和第二时间来控制所述第二气体的提供时间,使得所述第二步骤的所述第二高频电力的提供时间与所述第二步骤的时间大致同等,所述第一步骤以及所述第二步骤是构成等离子体处理条件的步骤,所述第一时间是从所述第一步骤的开始时间到所述第一气体的提供开始时间为止的时间,所述第二时间是从所述第一步骤的结束时间到所述第一气体的提供结束时间为止的时间。

[0030] 发明的效果

[0031] 根据本发明,能提供能在一边周期性切换气体一边进行等离子体处理的多个等离子体处理装置间进行高频电力的施加时间的设备差异小且形状控制性高的等离子体蚀刻的等离子体处理装置以及等离子体处理方法。

[0032] 上述以外的课题、结构以及效果会通过以下的实施方式的说明而得以明确。

附图说明

[0033] 图1是说明与本发明的实施方式相关的等离子体处理装置的结构纵截面图。

[0034] 图2是表征在与气体的切换同步地使高频电力变化的情况下高频施加时间变动的图。

[0035] 图3是使向与本发明的实施例相关的气体提供装置的气体提供设定信号的设定时间从设定提供起到气体被导入处理室为止根据滞后时间而变化的动作的流程图。

[0036] 图4是按照图3的流程图调整向气体提供装置的气体提供设定信号的设定时间的情况下的时序图。

具体实施方式

[0037] 以下,参考附图来说明本发明的实施方式。

[0038] 图1是表示本实施方式所涉及的等离子体处理装置的整体结构的概略的纵截面图。在真空容器101的上部设置用于将蚀刻气体导入真空容器101内的簇射板102、用于将处理室上部气密密封的电介质窗103,来构成处理室104。在簇射板102经由气体配管105而连接多个气体提供装置(MFC)106,在各气体提供装置106分别连接用于进行等离子体蚀刻处理的 SF_6 气体、 O_2 气体等处理用气体源(图示省略)。

[0039] 通过上述的多个气体提供装置,能将用于进行蚀刻处理的第1工艺气体(蚀刻气体)和用于进行保护膜形成处理的第2工艺气体(沉积气体)以一定的周期交替地经由气体配管105以及簇射板102导入处理室104。在此,第1工艺气体构成第一步骤的气体即第一气体,第2工艺气体构成第二步骤的气体即第二气体。

[0040] 另外,蚀刻气体以及沉积气体可以是单一的气体,也可以是多个气体的组合。另外,为了减低气体的切换时的放电不稳定性,期望在蚀刻气体以及沉积气体中添加Ar气体、He气体等不会较大改变各工艺的特性的稀有气体,作为共通的气体。另外,在真空容器101经由真空排气口115而连接真空排气装置(图示省略),能控制处理室104内的压力。

[0041] 该等离子体处理装置中的等离子体产生机构由产生被称作微波的2.45GHz的电磁波的电磁波产生用电源(磁控管)107、微波匹配器108以及磁场产生线圈109构成,通过从作为第一高频电源的电磁场产生用电源107振荡的电磁波(第一高频电力)和由磁场产生线圈109形成的磁场的电子回旋共振(Electron Cyclotron Resonance:ECR)来在处理室104中生成等离子体。

[0042] 另外,在与簇射板102对置的处理室104下部设置有载置加工对象的样品即半导体基板111的样品台112。在样品台112经由高频匹配器113连接作为第二高频电源的高频电源114。

[0043] 通过从与样品台112连接的高频电源114提供高频电力(第二高频电力)而在样品台112上产生一般被称作自偏压的负电压,由于自偏压而等离子体中的离子被加速并垂直入射半导体基板111,由此蚀刻半导体基板111。

[0044] 控制装置116基于预先决定的工艺条件来控制上述的这些装置。另外,控制装置116用以下说明的方法来控制气体向处理室104的导入,从微波匹配器108或高频匹配器113接受与等离子体阻抗相关的数据,来探测气体是否被导入处理室104,在探测后进行使气体以外的工艺参数变化的定时的控制。作为这样的工艺参数的变化,例如有使第1高频电力以

与第一步骤对应的第1值和与第二步骤对应的第2值变化的情形,或者使第2高频电力以与第一步骤对应的第1值和与第二步骤对应的第2值变化的情形。

[0045] 在图2表征了:在与气体的切换同步地使第二高频电力变化的情况下,从气体提供的设定(S10)到气体被导入处理室104(S11)为止,对应于时间而第二高频电力的施加时间 t 相对于基准的步骤时间 T 怎样变动。

[0046] 在以下的控制中,所谓“气体提供设定信号的启用”,是指控制装置116对气体提供装置106赋予指示气体提供的气体提供设定信号,所谓“气体提供设定信号的禁用”,是指控制装置116中断对气体提供装置106赋予气体提供设定信号。

[0047] 使由控制装置116给到气体提供装置106的气体提供设定信号与基准的步骤时间同步地进行启用/禁用变化。首先,设定为气体提供设定信号的启用(S10)的情况下导入到处理室104内的气体流量由于针对气体提供装置106的设定信号的响应的滞后,进而由于通过气体配管105以及簇射板102所需的时间,要滞后于气体提供设定信号的启用(S10)来增加。

[0048] 在探测到所期望的气体流到处理室104内(S11)后,使给高频电源114的高频设定信号配合决定工艺条件而从低电平变化为高电平(S12),使第二高频电力从第一值向第二值变更。由此,从气体提供设定信号的启用(S10)到高频设定信号的变化(S12)为止,设为经过时间 b 。将时间 b 设为从步骤的开始时间到气体的提供开始时间为止的第一时间。

[0049] 另外,在从气体提供设定信号的启用(S10)经过时间 T 而设为气体提供设定信号的禁用(S13)的情况下,也产生气体减少的延迟。具体地,由于针对气体提供装置106的设定信号的响应的滞后,进而由于填充到气体配管105以及簇射板102的气体的排出所需的时间,因此相对于气体提供设定信号的禁用(S13)滞后地从处理室104内排出气体。

[0050] 在处理室104内探测到排出了所期望的气体(S14)后,使高频设定信号配合决定的工艺条件从高电平向低电平变化(S15)。由此,从气体提供设定信号的禁用(S13)到高频设定信号的变化(S15)为止,设为经过时间 a 。将时间 a 设为从步骤的结束时间到气体的提供结束时间为止的第二时间。

[0051] 从气体提供设定信号的启用(S10)到气体被导入处理室104为止的时间 b 和从气体提供设定信号的禁用(S13)到从处理室104排出气体为止的时间 a 会根据对象步骤的气体的流量、气体的粘性等特性以及对象步骤前后的步骤的气体的流量、气体的粘性等特性而发生变化。另外,在前后的步骤中气体条件不同的情况下,时间 a 、 b 不会成为相等的时间。

[0052] 高频设定信号由于在相对于基准的开始时间滞后时间 b 而上升后,进一步比基准的结束时间拉长时间 a 而持续,因此设定为对象步骤的第二高频电力的时间 t 成为 $(T+a-b)$,因此变得与基准的步骤时间相差时间差 $(a-b)$ 。

[0053] 时间差 $(a-b)$ 是根据气体提供装置106的响应性而变化的数值,根据各等离子体处理装置的气体提供装置的设备差异而时间差 $(a-b)$ 发生变化。因此,施加第二高频电力的时间 $t=(T+a-b)$ 也发生变化。由于施加第二高频电力的时间给对半导体基板进行等离子体处理的结果带来较大影响,因此由于气体提供装置的设备差异而在等离子体处理装置间的半导体基板的处理结果出现差。

[0054] 在减低由于气体提供装置的设备差异而产生的第二高频电力施加时间 t 的等离子体装置间设备差异时,为了抵消以时间差 $(a-b)$ 变动的相应量,需要将决定第二高频电力的

施加时间的对象步骤的气体在处理室104内流动的时间修正与时间差(a-b)相应的量。在变更气体流动的时间时,将成为其基础的设定气体提供的气体提供时间从T变更为{T-(a-b)}即可。通过使气体提供时间为{T-(a-b)},第二高频电力的施加时间t成为 $t=T-(a-b)+(a-b)=T$,能设为不含时间差(a-b)的时间,能设为不含气体提供装置等的设备差异的时间。

[0055] 但从使气体提供设定信号禁用起到从处理室104排出对象的气体为止的时间a由于不实际地使气体提供设定信号禁用而高频设定信号变化后就不能获知,因此需要在调整前测定时间a。由于在气体脉冲法中多次重复由多个步骤构成的1个循环,控制装置116使用刚刚前一个循环中测定的时间来变更对象循环的气体提供时间即可。

[0056] 图3是在重复进行上述的方法中由2个步骤构成的处理的基于气体脉冲法的等离子体处理方法中控制气体提供装置106以及高频匹配器113的情况的流程图,图4是基于该流程图来控制气体提供装置以及高频电源的情况的时序图。

[0057] 在等离子体处理装置的动作开始时(图4的SQ00),由于还未测定从使气体提供设定信号启用起到气体被导入处理室104为止的时间,因此在图3的步骤S100,将第2气体的导入滞后的时间a以及第1气体的导入滞后的时间b分别设定为初始值0。

[0058] 在气体脉冲法中,同时进行一方的气体(第1气体)的提供停止和另一方的气体(与第1气体不同的第2气体)的提供开始。但若不在切换气体的提供设定后将填充在气体配管105内的一方的气体用另一方的气体顶出,就进行不了一方的气体的排出和另一方的气体的导入,因此,第2气体的导入滞后的时间a能视作使第1气体的提供设定信号禁用(图2的S13)起到排出第1气体为止(图2的S14)的时间。同样地,第1气体的导入滞后的时间b能视作使第2气体的提供设定信号禁用起到排出第2气体为止的时间。

[0059] 接下来,在步骤S101,为了最初提供第1工艺气体,控制装置116对气体提供装置106发送第1气体提供设定信号(图4的SQ01),在步骤S102,等到直到处理室104内的气体流动、压力稳定为止的等待时间 T_0 。从图4的SQ02起开始第一步骤。

[0060] 在步骤S103,控制装置116将等离子体生成用的微波通过电磁波产生用电源107而提供给处理室,并通过在磁场产生线圈109使磁场产生,来生成等离子体。另外,控制装置116接下来通过高频电源114将与第一步骤的第二高频电力的值相应的高频电力提供给样品台112,使自偏压产生(图4的SQ03)等,通过将装置各部控制在第1工艺参数而开始蚀刻处理。

[0061] 在步骤S104,控制装置116在等待从成为基准的第1步骤时间 T_1 减去时间差(a-b)的时间后,在步骤S105使第1工艺气体的提供设定信号禁用(图4的SQ04),同时使第2工艺气体的提供设定信号启用(图4的SQ05)。在图4的SQ04结束第一步骤,从图4的SQ05起开始第二步骤。在第1循环时,由于不存在在前的循环而 $a=b=0$,因而气体提供设定信号成为启用的时间保持 T_1 不变,但在第2循环以后,能使用在前一循环得到的时间a、b来变更气体提供设定信号成为启用的时间。

[0062] 之后,由于若伴随从第一步骤向第二步骤的移转而处理室内的气体从第1工艺气体向第2工艺气体切换,等离子体阻抗就会变化,因此第二高频电力的匹配点也发生变化,产生第二高频电力的反射波(图4的SQ06)。在步骤S106,控制装置116利用该反射波的信息来探测处理室104内的气体从第1工艺气体切换成了第2工艺气体(图4的SQ07)。

[0063] 接下来,在步骤S107,控制装置116计算从第2工艺气体的提供设定信号的启用(图

4的SQ05)到处理室内切换成第2工艺气体时(图4的SQ07)为止的时间 a_0 ,在步骤S108通过高频电源114设定第二高频电力(图4的SQ08)。换言之,控制装置116控制高频电源114,使得从第一步骤的第二高频电力的值向第二步骤的第二高频电力的值变化。在此,将从步骤S105到步骤S106的时间不是设为 a 而是设为 a_0 是因为,直到移转到下一循环为止都不会更新 a ,在移转到下一循环时,控制装置116将 a_0 代入时间 a 来进行置换(后述的步骤S114)。

[0064] 在第2工艺气体的情况下,由于导入的滞后时间和排出的滞后时间变得与第1工艺气体相反,因此控制装置116在步骤S109中等待从成为基准的第2步骤时间 T_2 减去时间差 $(b-a)$ 的时间。换言之,控制装置116控制第2工艺气体的提供时间,使得第2工艺气体的提供时间成为从第二步骤的时间 T_2 减去给定值 $(b-a)$ 的时间。步骤S109由于是1个循环的最后(图4的SQ10),因此控制装置116在步骤S110中判定是否重复了设定的次数,在未重复设定次数的情况下,移转到下一循环。

[0065] 控制装置116由于在步骤S109提供时间 $\{T_2 - (b-a)\}$ 的第2工艺气体,因此在作为下一循环的步骤S111,使第2工艺气体的提供设定信号禁用(图4的SQ09),同时使第1工艺气体的提供设定信号启用(图4的SQ11)。由于若处理室104内的气体从第2工艺气体切换成第1工艺气体,就会与步骤S106的情况同样地产生第二高频电力的反射波(图4的SQ12),基于该信息,控制装置116在步骤S112探测到切换了气体。

[0066] 接下来,在步骤S113,计算从第1工艺气体的提供设定信号的启用(图4的S111)到处理室104内切换成第1工艺气体时(图4的SQ13)为止的时间 b 。

[0067] 由此,由于求取到从第1工艺气体切换为第2工艺气体为止的时间 a_0 和到从第2工艺气体切换为第1工艺气体为止的时间 b 两方,因此控制装置116在步骤S114用 a_0 来更新时间 a ,并将流程返回步骤S103,再度将第二高频电力设定为与第一步骤对应的值,移转到向下一循环的处理。这时,控制装置116控制第1工艺气体的提供时间,使得第1工艺气体的提供时间成为从第一步骤的时间 T_1 减去给定值 $(b-a)$ 的时间。

[0068] 以后,直到在步骤S110判定为到达规定的处理次数为止都通过气体脉冲法持续蚀刻处理,若判定为到达,就结束蚀刻处理。根据本实施方式,如从图4所明确的那样,在第1循环中,相对于第1步骤时间 T_1 而对应于第一步骤施加第二高频电力的时间 t_1 不同,另外,相对于第2步骤时间 T_2 而对应于第二步骤施加第二高频电力的时间 t_2 不同。但通过执行上述的步骤,在第2循环以后,能设为 $T_1 \doteq t_1$ 、 $T_2 \doteq t_2$ 。

[0069] 换言之,控制装置116能使用时间 a 和时间 b 来控制第1工艺气体的提供时间,使得第一步骤的第二高频电力的提供时间与第一步骤的时间大致同等,另外,能使用时间 a 和时间 b 来控制第2工艺气体的提供时间,使得第二步骤的第二高频电力的提供时间与第二步骤的时间大致同等。

[0070] 另外,控制装置116还能控制电磁波产生用电源107,使得从第一步骤的第一高频电力的值向第二步骤的第一高频电力的值变化。在该情况下,控制装置116能使用时间 a 和时间 b 来控制第1工艺气体的提供时间,使得第一步骤的第一高频电力的提供时间与第一步骤的时间大致同等,另外,能使用时间 a 和时间 b 来控制第2工艺气体的提供时间,使得第二步骤的第一高频电力的提供时间与第二步骤的时间大致同等。

[0071] 由于使用了前一循环中测定的气体导入的滞后时间,因此不能完全使第二高频电力的施加时间 t_1 、 t_2 和成为基准的步骤时间 T_1 、 T_2 相等。但即使是前一循环的气体导入的滞

后时间,也由于是包含了气体提供装置的设备差异的时间,因此能通过使用该时间变更气体提供的设定时间来在多个等离子体处理装置间减低第二高频电力的施加时间的设备差异。

[0072] 另外,图3以及图4运用在1循环以2个步骤重复处理的情况中,但即使构成1循环的步骤为3步骤以上,也能运用本发明。

[0073] 还可能存在在由多个步骤构成的循环的步骤间的一部分不执行气体的切换的终点检测的情况。为了在该情况下也运用本发明,在检测气体的切换的终点来使第二高频电力变化的步骤间计算气体的滞后时间,将不进行终点检测地使第二高频电力变化的步骤间的气体滞后时间视作0,来实施气体提供时间的调整即可。

[0074] 在本实施方式中,根据等离子体阻抗的变化来探测处理室内的气体切换,计算从气体提供设定信号的启用到气体提供到处理室为止的时间。但除此以外还能使用如下方法计算从气体提供设定信号的启用到气体提供到处理室为止的时间:使用来自等离子体的发光光谱强度的变化来检测处理室内的气体的切换的方法;在处理室安装粒子测量器来分析处理室内的气体分子从而检测气体的切换的方法等。

[0075] 另外,本发明并不限于上述的实施例,包含种种变形例。例如能对如下情形运用:在使用感应耦合型等离子体(Inductively Coupled Plasma:ICP)处理装置、电容耦合型等离子体(Capacitively Coupled Plasma:CCP)处理装置等探测处理室内的气体的切换后切换第二高频电力。

[0076] 另外,上述的实施例为了易于理解地说明本发明而详细进行了说明,但本发明并不一定限于具备说明的全部结构,能在不脱离其要旨的范围内进行种种变更。

[0077] 附图标记的说明

[0078] 101 真空容器

[0079] 102 簇射板

[0080] 103 电介质窗

[0081] 104 处理室

[0082] 105 气体配管

[0083] 106 气体提供装置

[0084] 107 电磁波产生用电源

[0085] 108 微波匹配器

[0086] 109 磁场产生线圈

[0087] 110 空洞共振器

[0088] 111 半导体基板

[0089] 112 样品台

[0090] 113 高频匹配器

[0091] 114 高频电源

[0092] 115 真空排气口

[0093] 116 控制装置。

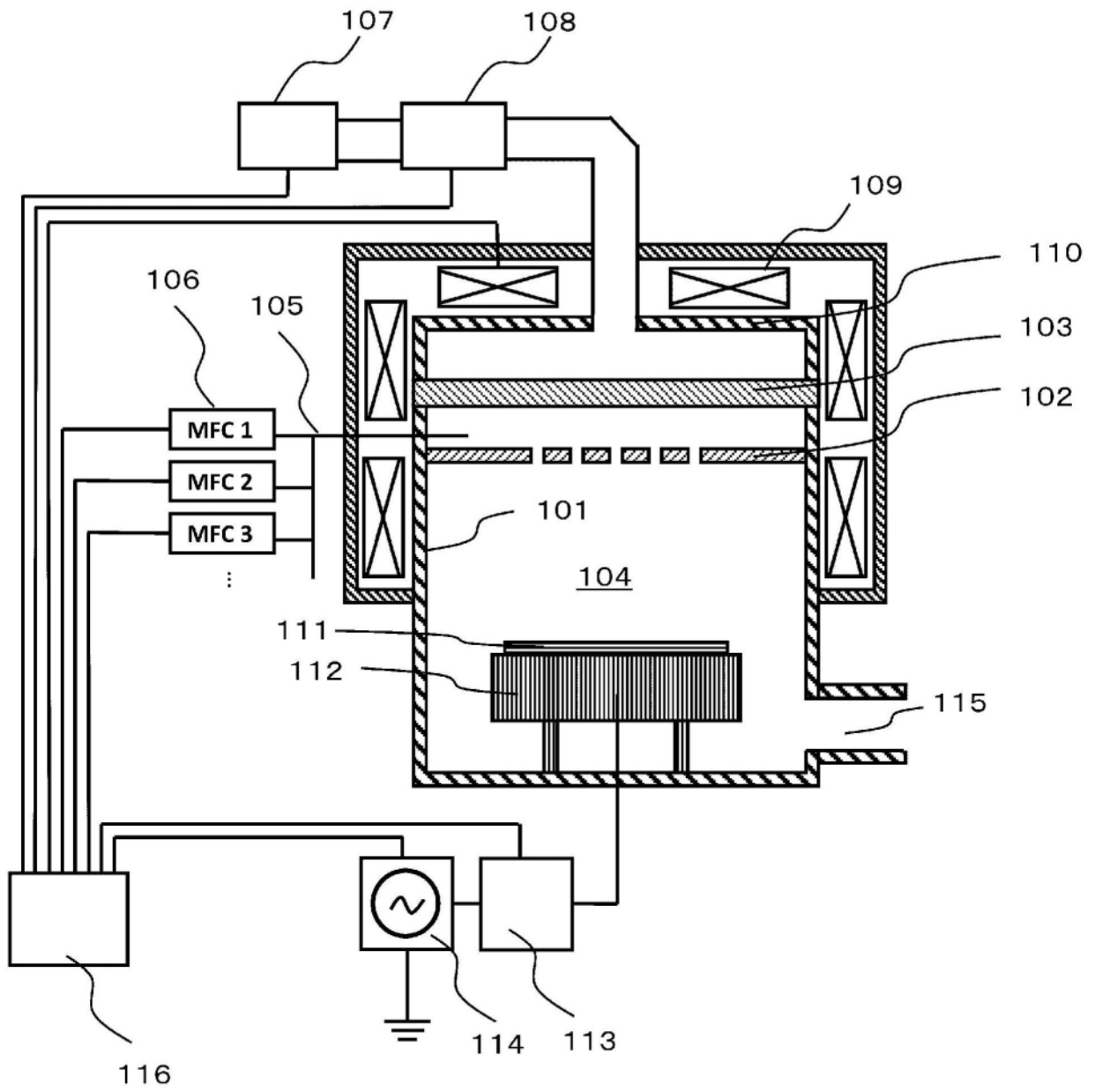


图1

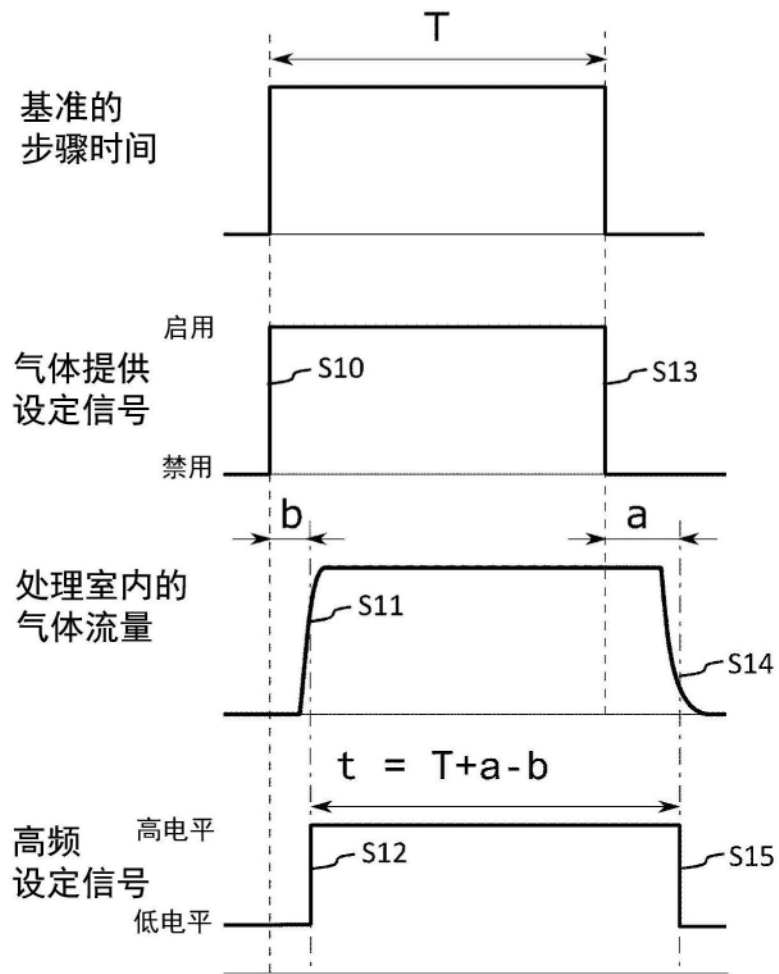


图2

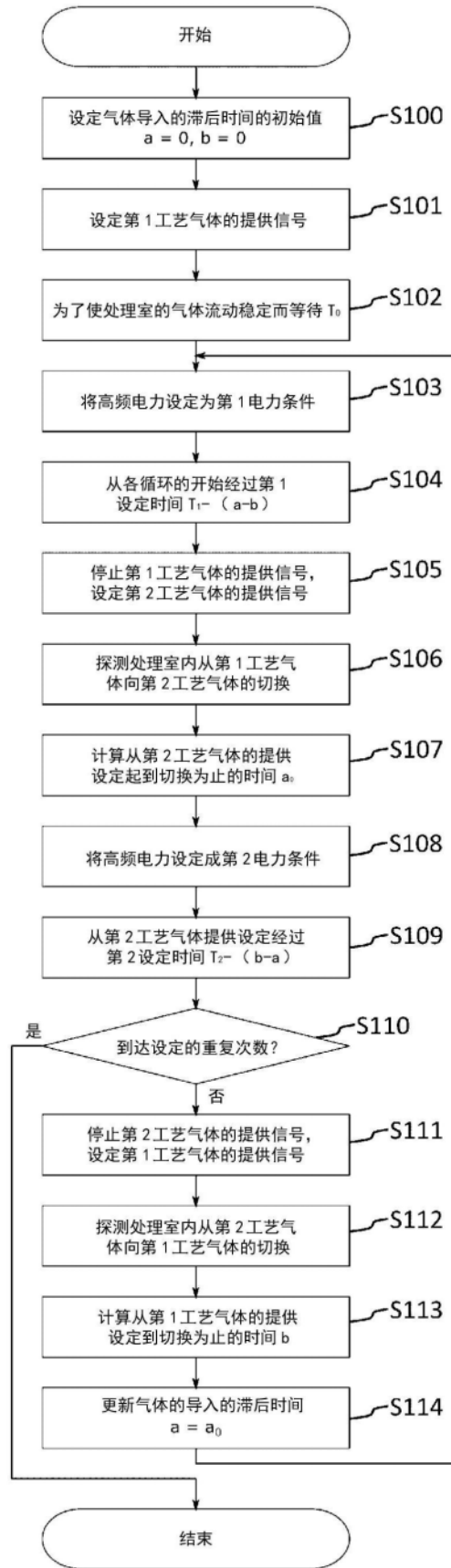


图3

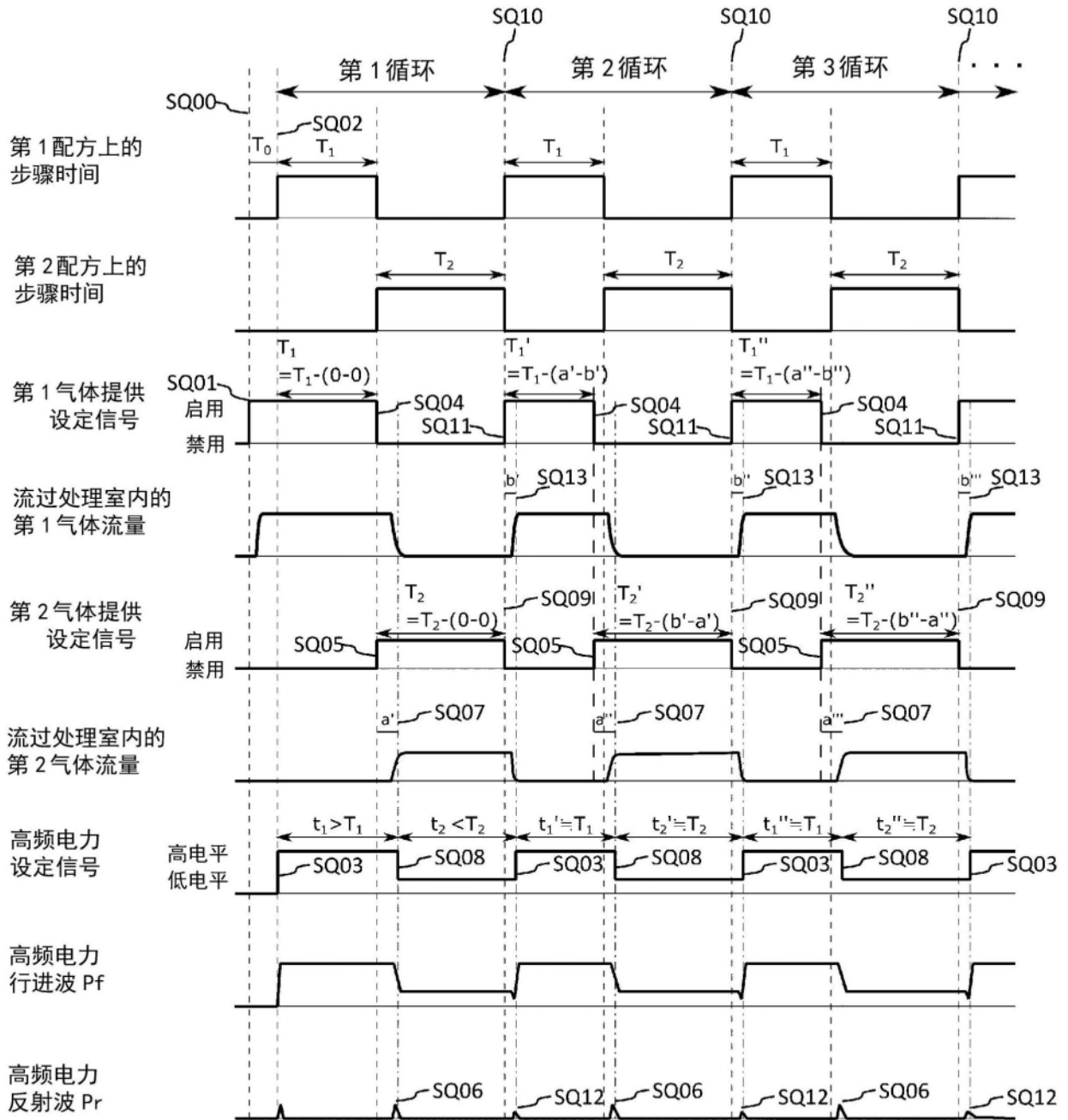


图4