



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101320675 B

(45) 授权公告日 2010.09.01

(21) 申请号 200810098651.3

C23C 16/509 (2006.01)

(22) 申请日 2008.06.05

C23C 16/46 (2006.01)

(30) 优先权数据

C23F 4/00 (2006.01)

2007-149585 2007.06.05 JP

G05D 23/19 (2006.01)

(73) 专利权人 东京毅力科创株式会社

审查员 胡贺伟

地址 日本东京都

(72) 发明人 古屋正男

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司
11322

代理人 龙淳

(51) Int. Cl.

H01L 21/00 (2006.01)

H01L 21/3065 (2006.01)

H01J 37/32 (2006.01)

H05H 1/46 (2006.01)

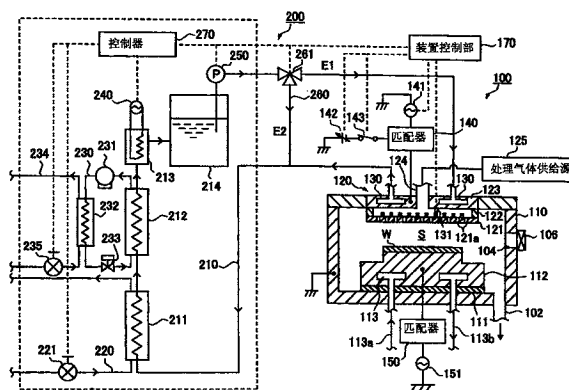
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 5 页

(54) 发明名称

等离子体处理装置、电极温度调整装置、电极温度调整方法

(57) 摘要

本发明涉及等离子体处理装置、电极温度调整装置和电极温度调整方法。在施加高频电力的上部电极上进一步重叠并施加直流电压的情况下,不仅能够抑制由高频电力的施加引起的上部电极温度的上升,还能够充分地抑制由直流电压的施加引起的上部电极温度的上升。在对基板进行处理之前,根据准备向上部电极(120)和作为下部电极的基座(112)施加的高频电力,以及准备向上部电极施加的直流电压,计算出用于将上部电极的温度调整至规定的设定温度所必需的热介质的目标温度,在对晶片进行处理时,使依据目标温度已进行温度调整的热介质在形成于上部电极的流路(130)中循环,从而进行温度控制。



1. 一种等离子体处理装置,其特征在于,包括:

收纳作为处理的对象的基板并能够进行真空排气的处理室;

配置在所述处理室内的第一电极;

与所述第一电极相对配置并支承所述基板的第二电极;

向所述第一电极施加第一高频电力的第一高频电力电源;

向所述第二电极施加频率比所述第一高频电力低的第二高频电力的第二高频电力电源;

向所述第一电极施加直流电压的直流电源;

向所述处理室内供给规定的处理气体的处理气体供给单元;

通过使被调整至规定的温度的热介质在形成于所述第一电极的循环通路中循环,对所述第一电极的温度进行调整的温度调整装置;和

控制部,其在对所述基板进行处理之前,至少根据准备向所述各电极施加的各高频电力和准备向所述第一电极施加的直流电压,计算出用于将所述第一电极的温度调整至规定的设定温度所必需的所述热介质的目标温度,在对所述基板进行处理时,进行根据所述目标温度调整所述热介质的温度的控制。

所述热介质的目标温度根据用于求取所述第一电极的规定的设定温度与所述热介质的目标温度的温度差而预先决定的运算式计算得出,

所述运算式包含基于所述第一高频电力的项、基于所述第二高频电力的项、和基于所述直流电压的项,

基于所述直流电压的项由所述直流电压与所述第二高频电力相乘的项构成。

2. 如权利要求1所述的等离子体处理装置,其特征在于:

将所述第一电极的规定的设定温度与所述热介质的目标温度的温度差设为 ΔT 时,所述运算式以 $\Delta T = k(a \cdot A + b \cdot B + c \cdot HV \cdot B) \cdot D/C$ 表示,其中, k :从电力向温度的换算系数, A :所述第一高频电力, B :所述第二高频电力, HV :所述直流电压, C :每一块所述基板的处理时间, D :处理时间 C 中的高频电力的施加时间, a : A 项的系数, b : B 项的系数, c : $HV \cdot B$ 项的系数。

3. 如权利要求1或2所述的等离子体处理装置,其特征在于:

所述温度调整装置包括:

通过所述第一电极的内部,使所述热介质相对于所述第一电极循环的循环通路;

在所述循环通路中,对已通过所述电极的所述热介质,利用液体致冷剂的显热进行热交换的第一热交换器;

在所述循环通路中,对已通过所述第一热交换器的所述热介质,利用致冷剂的潜热进行热交换的第二热交换器;和

在所述循环通路中,对供给所述电极的内部的热介质进行加热的加热器。

4. 如权利要求1或2所述的等离子体处理装置,其特征在于:

所述第一电极为上部电极,所述第二电极为下部电极。

5. 一种电极温度调整装置,其对下述等离子体处理装置的第一电极的温度进行调整,该等离子体处理装置在处理室内配置有相互相对的第一电极和第二电极,向所述第一电极施加第一高频电力和直流电压,并向所述第二电极施加频率比第一高频电力低的第二高频

电力,对载置在所述第二电极上的基板进行规定的处理,所述电极温度调整装置的特征在于,包括:

通过所述第一电极的内部,使所述热介质相对于所述第一电极循环的循环通路;

对所述热介质的温度进行调整的热介质温度调整器;和

控制部,其在对所述基板进行处理之前,至少根据准备向所述各电极施加的高频电力和准备向所述第一电极施加的直流电压,计算出用于将所述第一电极的温度调整至规定的设定温度所必需的所述热介质的目标温度,在对所述基板进行处理时,进行根据所述目标温度调整所述热介质的温度的控制。

所述热介质的目标温度根据用于求取所述第一电极的规定的设定温度与所述热介质的目标温度的温度差而预先决定的运算式计算得出,

将所述第一电极的规定的设定温度与所述热介质的目标温度的温度差设为 ΔT 时,所述运算式以 $\Delta T = k(a \cdot A + b \cdot B + c \cdot HV \cdot B) \cdot D/C$ 表示,其中, k :从电力向温度的换算系数, A :所述第一高频电力, B :所述第二高频电力, HV :所述直流电压, C :每一块所述基板的处理时间, D :处理时间 C 中的高频电力的施加时间, a : A 项的系数, b : B 项的系数, c : $HV \cdot B$ 项的系数。

6. 一种电极温度调整方法,其对下述等离子体处理装置中的第一电极的温度进行调整,该等离子体处理装置在处理室内配置有相互相对的第一电极和第二电极,向所述第一电极施加第一高频电力和直流电压,并向所述第二电极施加频率比第一高频电力低的第二高频电力,对载置在所述第二电极上的基板进行规定的处理,所述电极温度调整方法的特征在于,包括:

在对所述基板进行处理之前,至少根据准备向所述各电极施加的各高频电力和准备向所述第一电极施加的直流电压,计算出用于将所述第一电极的温度调整至规定的设定温度所必需的热介质的目标温度的工序;和

在对所述基板进行处理时,使已根据所述目标温度进行温度调整的所述热介质在形成于所述第一电极的内部的循环通路中循环,由此进行将所述第一电极保持在设定温度的控制的工序。

所述热介质的目标温度根据用于求取所述第一电极的规定的设定温度与所述热介质的目标温度的温度差而预先决定的运算式计算得出,

将所述第一电极的规定的设定温度与所述热介质的目标温度的温度差设为 ΔT 时,所述运算式以 $\Delta T = k(a \cdot A + b \cdot B + c \cdot HV \cdot B) \cdot D/C$ 表示,其中, k :从电力向温度的换算系数, A :所述第一高频电力, B :所述第二高频电力, HV :所述直流电压, C :每一块所述基板的处理时间, D :处理时间 C 中的高频电力的施加时间, a : A 项的系数, b : B 项的系数, c : $HV \cdot B$ 项的系数。

7. 如权利要求 6 所述的电极温度调整方法,其特征在于:

计算所述热介质的目标温度的工序,从预先存储在存储介质中的处理条件中读出所述第一高频电力、所述第二高频电力、所述直流电压、每一块所述基板的处理时间、处理时间 C 中的高频电力的施加时间、和所述各项的系数,根据所述运算式计算出 ΔT ,并根据该 ΔT 求取所述热介质的目标温度。

等离子体处理装置、电极温度调整装置、电极温度调整方法

技术领域

[0001] 本发明涉及等离子体处理装置、电极温度调整装置和电极温度调整方法。

背景技术

[0002] 在半导体装置、液晶显示装置等的制造工艺中使用等离子体处理装置,该等离子体处理装置在减压至规定的真空压力的处理室内产生等离子体,使该等离子体作用于基板,例如半导体晶片、液晶显示装置用的玻璃基板等,从而进行蚀刻处理、成膜处理等规定的处理。

[0003] 已知多种等离子体处理装置,其中例如以所谓的平行平板型等离子体处理装置为主流,在该平行平板型等离子体处理装置中,例如在处理室内的下部设置有兼用作载置基板的载置台的基座(下部电极),与基座相对,在处理室的上部设置有兼用作处理气体导入部的上部电极。

[0004] 这种平行平板型的等离子体处理装置通过向处理室内导入规定的处理气体并对处理室内进行真空排气,使处理室内为规定的真空度的处理气体气氛,通过在此状态下向基座和上部电极分别供给规定频率的高频电力,在基板与上部电极之间产生处理气体的等离子体,将该等离子体作用于基板,由此进行蚀刻等处理。

[0005] 这种等离子体处理装置中的上部电极设置在直接暴露在等离子体中的位置,并且被施加等离子体产生用的高输出功率的高频电力,因此发热量较多,存在由高频电力的施加引起上部电极的温度上升的可能性,该温度的上升是不希望产生的。而且,因为上部电极相比于下部电极热容量大,所以与下部电极相比,进行温度调整时的响应性也较差。因此,难以高精度地将上部电极的温度保持在设定温度。

[0006] 作为这样调整上部电极温度的技术,例如已知以下述方式构成的方法,在上部电极内形成用于流通被调整至规定的温度的致冷剂、载冷剂(brine)等热介质的流路,在该流路内流通热介质,从而冷却上部电极(例如,参照专利文献1、2)。

[0007] 在上述平行平板型的等离子体处理装置中,在对基板进行处理时,相对上部电极,与高频电力相叠加地施加规定的直流电压,由此,高精度地进行在处理室内产生的等离子体电位、等离子体密度的面内均匀性的控制等(例如,参照专利文献3)。

[0008] 通过本发明者们的实验等可知,即使这样对上部电极施加直流电压,上部电极的温度也会以不希望的方式上升,不能够忽视其对形成在基板上的元件的特性(蚀刻速率、元件形状等)的影响。

[0009] 而且,因为在上述专利文献1、2那样的现有的上部电极的温度控制中,没有考虑由向上部电极施加直流电流而导致向上部电极输入热量的情况,所以即使将这种温度控制直接应用于向上部电极施加直流电压的等离子体处理装置中,也不能充分地抑制不希望产生的上部电极的温度的上升。

[0010] 专利文献1:日本特开2004-342704号公报

[0011] 专利文献2:日本特开2006-269944号公报

[0012] 专利文献 3 : 日本特开 2006-270017 号公报

发明内容

[0013] 本发明是鉴于上述问题而完成的,其目的是提供一种等离子体处理装置,其在施加高频电力的电极上进一步重叠并施加直流电压的情况下,能够抑制由高频电力的施加引起的电极温度的上升,并且还能够充分地抑制由直流电压的施加引起的电极温度的上升。

[0014] 为了解决上述问题,根据本发明的一个观点,提供一种等离子体处理装置,其特征在于,包括:收纳作为处理的对象的基板并能够进行真空排气的处理室;配置在上述处理室内的第一电极(例如上部电极);与上述第一电极相对配置并支承上述基板的第二电极(例如下部电极);向上述第一电极施加第一高频电力的第一高频电力电源;向上述第二电极施加频率比上述第一高频电力低的第二高频电力的第二高频电力电源;向上述第一电极施加直流电压的直流电源;向上述处理室内供给规定的处理气体的处理气体供给单元;通过使被调整至规定的温度的热介质在形成于上述第一电极的循环通路中循环,对上述第一电极的温度进行调整的温度调整装置;和控制部,其在对上述基板进行处理之前,至少根据准备向上述各电极施加的各高频电力和准备向上述第一电极施加的直流电压,计算出用于将上述第一电极的温度调整至规定的设定温度所必需的上述热介质的目标温度,在对上述基板进行处理时,进行根据上述目标温度调整上述热介质的温度的控制。

[0015] 在高频电力上叠加直流电压并施加在第一电极上的情况下,不只是高频电力,直流电压也是使第一电极的温度以不希望的方式上升的主要原因,该情况已经通过本发明者们的实验等变得明确,本发明鉴于上述情况,不仅考虑高频电力,还考虑直流电压,从而将第一电极的温度调整至设定温度。具体而言,在对基板进行处理之前,至少根据准备向各电极施加的各高频电力和准备向第一电极施加的直流电压,计算出为了将第一电极的温度调整至规定的设定温度所必需的热介质的目标温度。由此,因为能够抑制由高频电力的施加引起的第一电极温度的上升,并且还能够充分地抑制由直流电压的施加引起的第一电极温度的上升,所以在对基板进行处理时能够将第一电极的温度高精度地保持在设定温度。

[0016] 此外,优选上述热介质的目标温度根据用于求取上述第一电极的规定的设定温度与上述热介质的目标温度的温度差而预先决定的运算式计算得出,上述运算式包含基于上述第一高频电力的项、基于上述第二高频电力的项、和基于上述直流电压的项,基于上述直流电压的项由上述直流电压和上述第二高频电力相乘的项构成。通过根据这样的运算式进行计算,能够准确地求取热介质的目标温度。此外,根据本发明者们的实验等可知,在由直流电压的施加引起的第一电极的温度上升中,还存在施加于第二电极的第二高频电力的大小的影响。例如已知,即使直流电压一定,施加于第二电极的第二高频电力越大,在第一电极中流动的直流电流也变得越大,因此第一电极的输入热量也变大,第一电极的温度上升。为了将这点反映在运算式中,使直流电压的项为该直流电压与第二高频电力相乘的项。由此,能够更加准确地抑制不希望产生的第一电极的温度的上升。

[0017] 此外,例如将上述第一电极的规定的设定温度与上述热介质的目标温度的温度差设为 ΔT 时,上述运算式以 $\Delta T = k(a \cdot A + b \cdot B + c \cdot HV \cdot B) \cdot D/C$ (k :从电力向温度的换算系数, A :上述第一高频电力, B :上述第二高频电力, HV :上述直流电压, C :每一块上述基板的处理时间, D :处理时间 C 中的高频电力的施加时间, a : A 项的系数, b : B 项的系数, c : $HV \cdot B$

项的系数)表示。这样,通过还考虑高频电力的施加时间等而求取热介质的目标温度,能够提高第一电极的温度控制的精度。

[0018] 此外,优选根据上述第二高频电力的大小将上述运算式中包含的系数 c 调整为最佳值。例如在连续处理多块基板的情况下,依据第二高频电力的大小,存在处理最初的基板时的第一电极温度与处理第二块以后的基板时的温度相比较低的情况,即使在这种情况下,通过调整系数 c ,也能够缓和最初的第一电极温度的下降。由此,因为能够从最初的基板到最后的基板均高精度地将第一电极温度保持在设定温度,所以能够防止在各基板的处理结果中产生偏差。

[0019] 此外,上述温度调整装置例如包括:通过上述第一电极的内部,使上述热介质相对于上述第一电极循环的循环通路;在上述循环通路中,对已通过上述电极的上述热介质,利用液体致冷剂的显热进行热交换的第一热交换器;在上述循环通路中,对已通过上述第一热交换器的上述热介质,利用致冷剂的潜热进行热交换的第二热交换器;和在上述循环通路中,对供给上述电极的内部的热介质进行加热的加热器。由此,通过使用第一热交换器和第二热交换器,能够迅速将热介质冷却至目标温度,并且能够通过加热器对热介质进行加热而将其调整至希望的温度。

[0020] 为了解决上述课题,根据本发明的另一观点,提供一种电极温度调整装置,其对下述等离子体处理装置中的第一电极的温度进行调整,该等离子体处理装置在处理室内配置有相互相对的第一电极和第二电极,向上述第一电极施加第一高频电力和直流电压,并向上述第二电极施加频率比第一高频电力低的第二高频电力,对载置在上述第二电极上的基板进行规定的处理,上述电极温度调整装置的特征在于,包括:通过上述第一电极的内部,使上述热介质相对于上述第一电极循环的循环通路;对上述热介质的温度进行调整的热介质温度调整器;和控制部,其在对上述基板进行处理之前,至少根据准备向上述各电极施加的各高频电力和准备向上述第一电极施加的直流电压,计算出用于将上述第一电极的温度调整至规定的设定温度所必需的上述热介质的目标温度,在对上述基板进行处理时,进行根据上述目标温度调整上述热介质的温度的控制。由此,因为能够抑制由高频电力的施加引起的第一电极温度的上升,并且还能够充分地抑制由直流电压的施加引起的第一电极温度的上升,所以在对基板进行处理时能够将第一电极温度高精度地保持在设定温度。

[0021] 此外,上述热介质的目标温度根据用于求取上述第一电极的规定的设定温度与上述热介质的目标温度的温度差而预先决定的运算式计算得出,将上述第一电极的规定的设定温度与上述热介质的目标温度的温度差设为 ΔT 时,上述运算式例如以 $\Delta T = k(a \cdot A + b \cdot B + c \cdot HV \cdot B) \cdot D/C$ (k :从电力向温度的换算系数, A :上述第一高频电力, B :上述第二高频电力, HV :上述直流电压, C :每一块上述基板的处理时间, D :处理时间 C 中的高频电力的施加时间, a : A 项的系数, b : B 项的系数, c : $HV \cdot B$ 项的系数)表示。

[0022] 为了解决上述问题,根据本发明的又一观点,提供一种电极温度调整方法,其对下述等离子体处理装置中的第一电极的温度进行调整,该等离子体处理装置在处理室内配置有相互相对的第一电极和第二电极,向上述第一电极施加第一高频电力和直流电压,并向上述第二电极施加频率比第一高频电力低的第二高频电力,对载置在上述第二电极上的基板进行规定的处理,上述电极温度调整方法的特征在于,包括:在对上述基板进行处理之前,至少根据准备向上述各电极施加的各高频电力和准备向上述第一电极施加的直流电

压,计算出用于将上述第一电极的温度调整至规定的设定温度所必需的热介质的目标温度的工序;和在对上述基板进行处理时,使已根据上述目标温度进行温度调整的上述热介质在形成于上述第一电极的内部的循环通路中循环,由此进行将上述第一电极保持在设定温度的控制的工序。这样,因为能够抑制由高频电力的施加引起的第一电极温度的上升,并且还能够充分地抑制由直流电压的施加引起的第一电极温度的上升,所以在对基板进行处理时能够将第一电极温度高精度地保持在设定温度。

[0023] 此外,上述热介质的目标温度根据用于求取上述第一电极的规定的设定温度与上述热介质的目标温度的温度差而预先决定的运算式计算得出,将上述第一电极的规定的设定温度与上述热介质的目标温度的温度差设为 ΔT 时,上述运算式例如以 $\Delta T = k(a \cdot A + b \cdot B + c \cdot HV \cdot B) \cdot D/C$ (k :从电力向温度的换算系数, A :上述第一高频电力, B :上述第二高频电力, HV :上述直流电压, C :每一块上述基板的处理时间, D :处理时间 C 中的高频电力的施加时间, a : A 项的系数, b : B 项的系数, c : $HV \cdot B$ 项的系数)表示。

[0024] 此外,计算上述热介质的目标温度的工序,优选从预先存储在存储介质中的处理条件中读取上述第一高频电力、上述第二高频电力、上述直流电压、每一块上述基板的处理时间、处理时间中的高频电力的施加时间、和上述各项的系数,依据上述运算式计算出 ΔT ,然后根据该 ΔT 求取上述热介质的目标温度。使用预先存储在存储介质中的处理条件这样的已知的值,依据运算式计算出 ΔT 并求取热介质的目标温度,从而,即使在基板的处理前也能够求取热介质的目标温度。在本说明书中 1mTorr 为 $(10^{-3} \times 101325/760)\text{Pa}$ 。

[0025] 根据本发明,在施加高频电力的电极上进一步重叠并施加直流电压的情况下,能够抑制由高频电力的施加引起的电极温度的上升,并且还能够充分地抑制由直流电压的施加引起的电极温度的上升。

附图说明

[0026] 图 1 是用于对本发明的实施方式的电极温度调整装置和能够应用它的等离子体处理装置的概略结构进行说明的图。

[0027] 图 2 是表示与图 1 所示的等离子体处理装置的第一高频电源连接的匹配器的具体的结构例的图。

[0028] 图 3 是表示使载冷剂温度一定,改变与高频电力重叠并施加在上部电极上的直流电压,其施加在上部电极上时的上部电极的温度变化的图。

[0029] 图 4 是表示在改变直流电压时,在上部电极中流动的直流电流与上部电极温度的关系的图。

[0030] 图 5 是表示在上部电极中流动的直流电压与施加在作为下部电极的基座上的高频电力的大小的关系的图。

[0031] 图 6 是表示不考虑直流电压地计算出温度差 ΔT ,并进行上部电极的温度控制时的实验结果的图。

[0032] 图 7 是表示考虑直流电压地计算出温度差 ΔT ,并进行上部电极的温度控制时的实验结果的图。

[0033] 符号说明

[0034] 100 等离子体处理装置

- [0035] 102 排气管
- [0036] 104 搬入搬出口
- [0037] 106 闸阀
- [0038] 110 处理室
- [0039] 111 绝缘板
- [0040] 112 基座
- [0041] 113 致冷剂室
- [0042] 113a、113b 配管
- [0043] 120 上部电极
- [0044] 121 电极板
- [0045] 121a 气体喷出孔
- [0046] 122 分散板
- [0047] 123 顶板
- [0048] 124 气体供给管
- [0049] 125 处理气体供给源
- [0050] 130 流路
- [0051] 131 温度传感器
- [0052] 140 匹配器
- [0053] 141 高频电源
- [0054] 142 可变直流电源
- [0055] 143 开关
- [0056] 150 匹配器
- [0057] 151 高频电源
- [0058] 160 供电线
- [0059] 162 可变电容器
- [0060] 164 可变电容器
- [0061] 165 滤波器
- [0062] 166 线圈
- [0063] 168 电容器
- [0064] 170 装置控制部
- [0065] 200 温度控制装置
- [0066] 210 循环通路
- [0067] 211 热交换器
- [0068] 212 热交换器
- [0069] 213 电加热器
- [0070] 214 容箱
- [0071] 220 管路
- [0072] 221 开关阀
- [0073] 230 循环回路

- [0074] 231 压缩机
- [0075] 233 膨胀阀
- [0076] 232 凝缩器
- [0077] 234 供给管路
- [0078] 235 流量调整阀
- [0079] 240 加热器电源
- [0080] 250 泵
- [0081] 260 旁通路
- [0082] 261 三通阀
- [0083] 270 控制器
- [0084] W 晶片

具体实施方式

[0085] 以下,参照附图对本发明的优选的实施方式进行详细说明。而且,在本说明书和附图中,对于实质上具有相同的功能结构的构成要素附加相同的符号,省略重复说明。

[0086] (等离子体处理装置)

[0087] 首先,参照附图,对能够应用本发明的实施方式的电极温度调整装置的等离子体处理装置的结构例进行说明。图1是用于对本实施方式的等离子体处理装置的结构进行说明的图。此处,举出等离子体处理装置构成为平行平板型电极结构的电容耦合型的等离子体蚀刻装置的情况为例。

[0088] 如图1所示,等离子体处理装置100包括由大致圆筒形状的处理容器构成的处理室(腔室)110。处理室110例如由铝合金形成,其内壁面例如由氧化铝膜或钽氧化膜覆盖。处理室110接地。

[0089] 在处理室110内的底部上,隔着绝缘板111设置有作为第二电极的基座112。基座112例如由铝合金形成,作为平行平板型电极结构的下部电极发挥作用。此外,基座112形成大致圆柱状,兼具有作为在其上面载置基板例如半导体晶片(以下简称为“晶片”)W的载置台的功能。在此情况下,在基座112上,例如设置有未图示的静电卡盘,通过该静电卡盘将晶片W吸附保持在基座112上。而且,在基座112上设置有向静电卡盘和晶片W之间供给来自未图示的电热气体机构的电热气体(例如He气体)的气体供给线。

[0090] 在基座112的内部例如设置有形成环状的致冷剂室113。致冷剂室113通过配管113a、113b与设置在处理室110的外部的冷却装置(未图示)连通。致冷剂通过配管113a、113b被循环供给至致冷剂室113,通过该循环供给能够控制基座112上的晶片W的温度。

[0091] 在作为下部电极的基座112的上方,以与基座112相对的方式平行地设置有等离子体生成用的作为第一电极的上部电极120。于是,上部电极120与作为下部电极的基座112之间的空间成为等离子体生成空间S。

[0092] 上部电极120例如为电极板121、分散板122和顶板123的3层结构。例如,在最上部的顶板123的中央部连接有助于将处理气体导入处理室110内的气体供给管124。气体供给管124与作为处理气体供给单元的处理气体供给源125连接。在气体供给管124上,

虽然没有图示,但例如设置有用于调整供给处理室的处理气体的流量的质量流量控制器、开关阀等。从处理气体供给源 125,例如供给 C_4F_8 等碳氟气体 (C_xF_y) 作为用于蚀刻的处理气体。

[0093] 在顶板 123 的下层例如设置有大致圆筒状的分散板 122,能够均匀地使从气体供给管 124 导入的处理气体分散。在分散板 122 的下层,例如设置有与基座 112 上的晶片 W 相对的电极板 121。在电极板 121 上形成有多个气体喷出孔 121a,能够将被分散板 122 分散的处理气体从多个气体喷出孔 121a 均匀地朝上述等离子体生成空间 S 喷出。在这一点上,上部电极 120 也作为用于供给处理气体的喷淋头而发挥作用。

[0094] 在上部电极 120 的例如顶板 123 的内部,形成有热介质(例如载冷剂)所通过的环状的流路 130。流路 130 构成后述的温度调整装置 200 的循环通路 210 的一部分。此外,例如在分散板 122 的内部,设置有测定进行温度控制的上部电极 120 的温度的温度传感器 131。

[0095] 第一高频电源 141 通过作为第一匹配器的匹配器 140 与上部电极 120 电连接。第一高频电源 141 例如输出 10MHz 以上,例如 60MHz 的频率的高频电力。匹配器 140 使负载阻抗与第一高频电源 141 的内部(或输出)阻抗匹配,以在处理室 110 内没有生成等离子体时,使第一高频电源 141 的输出阻抗与负载阻抗在外观上一致的方式发挥作用。通过该第一高频电源 141 在上部电极 120 上施加高频电力,由此在处理室 110 内的等离子体生成空间 S 中生成处理气体的等离子体。

[0096] 进一步,在上部电极 120 上,除了上述第一高频电源 141 之外,还电连接有可变直流电源 142。可变直流电源 142 也可以是双极电源。具体而言,该可变直流电源 142 通过匹配器 140 与上部电极 120 连接,通过设置在该可变直流电源 142 与匹配器 140 之间的开关 143 能够进行直流电压的供电的导通、断开。而且,可变直流电源 142 的极性和电流、电压以及开关 143 的导通、断开,通过装置控制部 170 进行控制。

[0097] 例如图 2 所示,匹配器 140 具有从第一高频电源 141 的供电线 160 分支设置的第一可变电容器 162、和设置在供电线 160 的该分支点的下游侧的第二可变电容器 164,通过它们发挥上述匹配器 140 的功能。进一步,为了使来自上述可变直流电源 142 的直流电压电流(以下,简称为“直流电压”)能够有效地供给至上部电极 120,在匹配器 140 上设置有对来自第一高频电源 141 的高频(例如 60MHz)和来自后述的第二高频电源 151 的高频(例如 2MHz)进行陷波(trap)的滤波器 165。即,来自可变直流电源 142 的直流电压电流通过滤波器 165 与供电线 160 连接。例如图 2 所示那样,该滤波器 165 由线圈 166 和电容器 168 构成,通过它们,来自第一高频电源 141 的高频和来自后述的第二高频电源 151 的高频被陷波。作为这样的直流电压,例如能够以 $-2000 \sim 10000V$ 的范围施加希望的大小的电压。例如直流电压的绝对值为 100V 以上,优选施加 500V 以上的直流电压。

[0098] 在作为下部电极的基座 112 上,通过作为第二匹配器的匹配器 150 电连接有第二高频电源 151。第二高频电源 151 例如输出频率为 2MHz $\sim$ 20MHz 范围内的例如 2MHz 的高频电力。通过该第二高频电源 151 向基座 112 施加高频电力,能够将处理室 110 内的带电粒子吸引到晶片 W 侧。匹配器 150 使得负载阻抗与第二高频电源 151 的内部(或输出)阻抗匹配,因此,以在处理室 110 内生成等离子体时,使第二高频电源 151 的内部阻抗与负载阻抗在外观上一致的方式发挥作用。

[0099] 在处理室 110 的底部连接有与未图示的排气装置连通的排气管 102。排气装置具有例如涡轮分子泵等真空泵,能够使处理室 110 内减压至希望的真空度。此外,在处理室 110 的侧壁上设置有晶片 W 的搬入搬出口 104,该搬入搬出口 104 能够通过闸阀 106 开关。在进行相对规定块数(例如 25 块)的晶片连续实施蚀刻处理的批量处理时,首先通过未图示的搬送臂从搬入搬出口 104 向处理室 110 内搬入最初的晶片 W 并进行蚀刻处理。当蚀刻处理结束时从搬入搬出口 104 搬出晶片 W,并搬入后续的晶片 W。

[0100] 在等离子体处理装置 100 中,例如设置有对处理气体供给源 125、第一高频电源 141 和第二高频电源 151 等用于执行蚀刻处理的各部的动作进行控制的装置控制部 170。并且,温度传感器 131 的测定结果被输出至装置控制器 170。

[0101] 在以上述方式构成的等离子体处理装置 100 中进行等离子体蚀刻处理时,当晶片 W 通过未图示的搬送臂等被搬入,载置在基座 112 上,并被吸附保持在基座 112 上时,例如通过从排气管 102 的排气,使处理室 110 内减压至规定的压力。然后,当从上部电极 120 向处理室 110 内供给处理气体,通过第一高频电源 141 向上部电极 120 施加高频电力时,在处理室 110 内的等离子体生成空间 S 中生成处理气体的等离子体。此外,通过第二高频电源 151 在基座 112 上施加高频电力,由此,等离子体中的带电粒子被诱导至晶片 W 侧。利用该等离子体的作用,对晶片 W 上的膜进行蚀刻。完成蚀刻的晶片 W 由未图示的搬送臂等从处理室 110 内搬出,接着向处理室 110 内搬入后续的晶片 W。

[0102] (温度调整装置)

[0103] 接着,参照图 1,对作为调整等离子体处理装置 100 的上部电极 120 的温度的电极温度调整装置的温度调整装置 200 进行说明。温度调整装置 200 包括:使载冷剂以通过上部电极 120 的内部的方式循环的循环通路 210;在循环通路 210 中,利用作为液体致冷剂的水的显热对从上部电极 120 流出的载冷剂进行热交换的第一热交换器 211;在循环通路 210 中,利用潜热对载冷剂进行热交换的第二热交换器 212;作为对载冷剂进行加热的加热器的电加热器 213;和在向上部电极 120 进行供给之前蓄承载冷剂的容箱 214。其中,上述载冷剂例如为硅油、氟类液体、乙二醇等液体状的绝缘性热交换介质。

[0104] 在循环通路 210 中,第一热交换器 211、第二热交换器 212、电加热器 213 和容箱 214 串联连接,能够使载冷剂以上部电极 120、第一热交换器 211、第二热交换器 212、电加热器 213、容箱 214、上部电极 120 的顺序循环(参照图 1 所示的循环 E1)。

[0105] 在第一热交换器 211 上,例如连接有将作为二次致冷剂的水导入第一热交换器 211 的内部并排出的二次致冷剂侧的管路 220。在该管路 220 的上游侧例如连接有未图示的水供给装置。通过在管路 220 中流动水,能够在第一热交换器 211 中利用水的显热冷却循环通路 210 的载冷剂。在管路 220 上设置有开关阀 221。通过切换该开关阀 221 的开关,能够使利用第一热交换器 211 的水的载冷剂的冷却开、关。

[0106] 第二热交换器 212 是蒸发器,例如能够利用作为二次致冷剂的氟里昂替代物(例如氢氟碳(HFC))的潜热以冷却循环通路 210 的载冷剂。在第二热交换器 212 上连接有构成冷冻机的循环回路 230。在循环回路 230 上设置有压缩机 231、凝缩器 232 和膨胀阀 233。在凝缩器 232 上例如连接有作为三次致冷剂的冷却水的供给管路 234。在供给管路 234 上例如设置有流量调整阀 235。例如,通过该流量调整阀 235 调整向凝缩器 232 的冷却水的供给量,由此能够调整第二热交换器 212 的冷却能力。

[0107] 电加热器 213 例如通过加热器电源 240 的供电而发热,从而能够对循环通路 210 的载冷剂进行加热。在容箱 214 上例如配置有泵 250,能够将蓄积在容箱 214 内的载冷剂压送至上部电极 120 侧。

[0108] 此外,在容箱 214 与上部电极 120 之间的循环通路 210 上,例如形成有使从容箱 214 压送的载冷剂绕过上部电极 120,流向第一热交换器 211 侧的旁通路 260。通过该旁通路 260,能够使载冷剂以旁通路 260、第一热交换器 211、第二热交换器 212、电加热器 213、容箱 214、旁通路 260 的顺序循环(参照图 1 所示的循环 E2)。在旁通路 260 的分支点处设置有三通阀 261。利用该三通阀 261,能够切换不通过上部电极 120 而通过旁通路 260 的循环 E2、和通过上部电极 120 的循环 E1。

[0109] 在温度调整装置 200 上例如设置有控制器 270,其用于对例如第一热交换器 211 的开关阀 221、第二热交换器 212 的流量调整阀 235、电加热器 213 的加热器电源 240、容箱 214 的泵 250、和三通阀 261 等各部的动作进行控制,并执行上部电极 120 的温度调整。控制器 270 能够与等离子体处理装置 100 的装置控制部 170 之间进行通信,并能够根据来自装置控制部 170 的信息控制各部的动作。

[0110] 而且,第一热交换器 211 的液体致冷剂,既可以对水一次性地进行使用,也可以使水循环并以将温度保持为一定的方式进行温度调整。在进行温度调整并循环使用的情况下,也可以使用载冷剂作为液体致冷剂。此外,第二热交换器 212 的致冷剂,除了替代氟里昂的 HFC 以外,还可以使用氨气、空气、二氧化碳、碳化氢类气体等。

[0111] (等离子体处理装置的动作)

[0112] 接着,在以上述方式构成的等离子体处理装置 100 中进行蚀刻处理时,首先,使闸阀 106 为打开状态,通过搬入搬出口 104 将作为蚀刻对象的晶片 W 搬入处理室 110 内,并载置在基座 112 上,进行吸附保持。然后,以规定的流量从处理气体供给源 125 将用于蚀刻的处理气体供给至上部电极 120,并通过气体喷出孔 121a 向处理室 110 内供给,并且利用未图示的排气装置通过排气管 102 对处理室 110 内进行排气,由此,能够将处理室 110 内的压力减压至规定的压力。此处,作为处理气体,能够采用各种气体。作为处理气体,例如列举以 C_4F_8 气体这样的碳氟气体(C_xF_y)为代表的含有卤元素的气体。进一步,在处理气体中也可以包括 Ar 气体、 O_2 气体等其它气体。

[0113] 如上述所示,在处理室 110 内导入有处理气体的状态下,以规定的功率从第一高频电源 141 向上部电极 120 施加等离子体生成用的第一高频电力,同时以规定的功率从第二高频电源 151 向作为下部电极的基座 112 施加吸引离子用的第二高频电力。并且,从可变直流电源 142 向上部电极 120 施加规定的直流电压。

[0114] 从形成在上部电极 120 的电极板 121 上的气体喷出孔 121a 喷出的处理气体,在由高频电力产生的上部电极 120 与作为下部电极的基座 112 间的辉光放电中被等离子体化,通过在该等离子体中生成的自由基、离子对晶片 W 的被处理面进行蚀刻。并且,如上所述,因为向上部电极 120 供给等离子体形成用的第一高频电力,向作为下部电极的基座 112 供给吸引离子用的第二高频电力,所以能够使等离子体的控制容限较宽。

[0115] 在这样形成等离子体时,通过向上部电极 120 供给高频区域(例如 10MHz 以上)的高频电力,能够在优选的状态下使得等离子体高密度化,即使在更为低压的条件下也能够形成高密度等离子体。

[0116] 进一步,在本实施方式中,在形成等离子体时,从可变直流电源 142 向上部电极 120 施加规定极性和大小的直流电压。通过对来自该可变直流电源 142 的施加电压进行控制,能够防止聚合物附着在上部电极 120 上,并能够对等离子体电位、等离子体密度的面内均匀性进行控制。

[0117] 例如,能够控制来自可变直流电源 142 的施加电压,使得上部电极 120 的电极板 121 表面的自偏电压 V_{dc} 变深,即使得上部电极 120 表面的 V_{dc} 的绝对值变大。因此,即使例如在从第一高频电源 141 施加的高频的功率较低等的聚合物容易附着在上部电极 120 上的情况下,通过将来自可变直流电源 142 的施加电压控制为适当的值,能够使附着在上部电极 120 上的聚合物溅射,使上部电极 120 的表面清洁。在此情况下,因为能够在晶片 W 上供给最佳的量的聚合物,所以还能够消除晶片 W 上的光致抗蚀膜的表面粗糙。而且,代替控制来自可变直流电源 142 的施加电压,还可以控制施加电流或施加电力。

[0118] 在进行这样的等离子体蚀刻处理时,上部电极 120 和基座 112 分别被调整至预先设定的温度。在此情况下,通过从未图示的冷却装置供给至致冷剂室 113 的致冷剂,对基座 112 的温度进行调整。此外,上部电极 120 通过上述温度调整装置 200 进行温度调整。因为上部电极 120 在等离子体生成空间 S 中露出,并被施加等离子体产生用的高输出功率的高频电力,所以发热量多,并且相比于基座 112,具有更大的热容量。因此,与基座 112 相比,蚀刻处理时的发热量较多,对温度调整介质的响应性也较差,因此,在本实施方式中,分别调整上部电极 120 的温度和基座 112 的温度。

[0119] 如上所述,在利用温度调整装置 200 对上部电极 120 的温度进行调整的情况下,在开始蚀刻处理时,必须将热介质例如载冷剂的温度设定为比上部电极 120 的设定温度低的值。这是因为例如开始蚀刻处理而施加高频电力,则上部电极 120 的温度开始上升,上述做法是为了抑制该温度上升并将上部电极 120 保持在设定温度。具体而言,如果载冷剂的目标温度与上部电极 120 的设定温度的温度差为 ΔT ,则在蚀刻处理之前预先预测并计算出适当的 ΔT 的值,由此,通过在开始蚀刻处理时将载冷剂控制为目标温度,能够从蚀刻处理的最初开始将上部电极 120 保持在设定温度。

[0120] 例如,在进行对规定块数的晶片 W 连续进行处理的批量处理的情况下,在开始批量处理之前,预先计算出 ΔT 并设定载冷剂的目标温度,在对最初的晶片 W 进行蚀刻处理时,在向上部电极 120 施加高频电力的定时或在此之前的定时将载冷剂的温度调整至目标温度,并供给上部电极 120。由此,上部电极 120 的温度从最初的晶片 W 的处理开始就被抑制其温度上升,从而保持在设定温度。

[0121] 另外,在实际的晶片 W 的处理中,因为在各晶片 W 的每个处理(在具有高频电力不同的多个步骤的处理中,为每个步骤)中重复进行高频电力的导通、断开,所以上部电极 120 的温度也产生些微的变化。因此,在晶片 W 的处理中,也可以通过温度传感器 131 对上部电极 120 的温度进行监视,根据检测出的温度对载冷剂的温度进行微调,使得上部电极 120 的温度成为设定温度。从而,从批量处理的最初的晶片 W 到最后的晶片 W,均能够将上部电极 120 的温度保持在设定温度。

[0122] (温度差 ΔT)

[0123] 此处,对载冷剂的目标温度与上部电极 120 的设定温度的温度差 ΔT 进行说明。如上所述,为了抑制由高频电力的施加而引起的上部电极 120 的温度上升,载冷剂的目标温

度被设定为比上部电极 120 的设定温度低的值。因此,在每次计算温度差 ΔT 时,必须考虑导致上部电极 120 的温度上升的要素。作为这样的要素,例如能够举出施加在上部电极 120 上的第一高频电力、施加在基座 112 上的第二高频电力、每一块晶片 W 的处理时间、处理时间中的高频电力的施加时间。

[0124] 如图 1 所示的等离子体处理装置 100 那样,在上部电极 120 上不仅施加第一高频电力,还叠加并施加来自可变直流电源 142 的直流电压的情况下,该直流电压也成为上部电极 120 的温度上升的一个主要原因,通过本发明者们的实验可知该情况。

[0125] 此处,在图 3 中表示改变与第一高频电力叠加而施加在上部电极 120 上的可变直流电源 142 的直流电压,并分别检测上部电极 120 的温度的实验结果。图 3 是将载冷剂的温度 BT 保持为一定,利用温度传感器 131 对使可变直流电源 142 的直流电压变化时的上部电极 120 的温度进行检测而获得的图表。

[0126] 图 3 中的上部电极 120 的温度的图表 CT1、CT2、CT3、CT4 分别表示使可变直流电源 142 的直流电压为 0V、800V、1200V、1500V 的情况。而且,其它的处理条件是共同的,具体而言,上部电极 120 的高频电力为 2000W,基座 112 的高频电力为 4500W,处理室内压力为 25mT。此外,作为处理气体,使用在氧化膜蚀刻中使用的一般的气体的组合而成的混合气体,例如 CF 类气体(例如 C_4F_8 等 C_xF_y 类气体)、稀有气体(例如 Ar 气等惰性气体)和氧气(O_2 气)的混合气体。

[0127] 根据图 3,在不施加可变直流电源 142 的直流电压的情况(CT1)下、和施加可变直流电源 142 的直流电压的情况(CT2 ~ CT4)下,上部电极 120 的温度不同。并且,可变直流电源 142 的直流电压越大,上部电极 120 的温度也越大。由此可知,可变直流电源 142 的直流电压是上部电极 120 的温度上升的要因。

[0128] 如上所述,作为因施加于上部电极 120 的直流电压而导致上部电极 120 的温度上升的理由,例如认为是由于以下情况。即,从上部电极 120 放出的电子(负)因晶片 W 上的负的 V_{dc} 而被弹回,并且在上部电极 120 的电极板 121 的表面上,也由于可变直流电源 142 的负的直流电压而被弹回。由此,电子(负)在晶片 W 上与上部电极 120 之间往返,与不施加直流电压的情况相比,电子在等离子体生成空间 S 中滞留更长时间,因此等离子体密度上升,从而带电粒子也增加,在上部电极 120 流动的直流电流也增加,所以对上部电极 120 的输入热量也增加。

[0129] 此处,在图 4 中表示改变可变直流电源 142 的直流电压时在上部电极 120 中流动的直流电流与上部电极 120 的温度的关系。图 4 是使可变直流电源 142 的直流电压为 0V、800V、1500V 并分别进行实验,对上部电极 120 的温度和流过上部电极 120 的直流电流进行检测,并对其绘图而获得的图表。而且,其它的处理条件是共同的,具体而言,上部电极 120 的高频电力为 1500W,基座 112 的高频电力为 4500W,处理室内压力为 25mT。此外,作为处理气体,使用在氧化膜蚀刻中使用的一般的气体的组合,例如 CF 类气体(例如 C_4F_8 等 C_xF_y 类气体)、稀有气体(例如 Ar 气等惰性气体)和氧气(O_2 气体)的混合气体。

[0130] 根据图 4 可知,可变直流电源 142 的直流电压越大,在上部电极 120 流动的直流电流也越大,上部电极 120 的温度变高。如上所述,在上部电极 120 流动的直流电流影响上部电极 120 的温度。

[0131] 进一步,通过本发明者们的实验等还可知,流过该上部电极 120 的直流电流根据

施加在作为下部电极的基座 112 上的高频电力的大小而变化。

[0132] 此处,在图 5 中表示在上部电极 120 流动的直流电流与施加在基座 112 上的高频电力的大小的关系。图 5 是使基座 112 的高频电力 (B_{tm}) 为 0W、200W、500W、2500W、4500W,对此,分别使可变直流电源 142 的直流电压在 300V ~ 1500V 的范围内变化而进行实验,对在上部电极 120 流动的直流电流进行检测并对其进行绘图而获得的图表。而且,其它的处理条件是共同的,具体而言,上部电极 120 的高频电力为 1800W,处理室内压力为 25mT。此外,作为处理气体,与图 4 的情况相同,使用在氧化膜蚀刻中使用的一般的气体的组合而成的混合气体 (CF 类气体、稀有气体和氧气)。

[0133] 根据图 5 可知,即使例如在可变直流电源 142 的直流电压为相同的 1500V 的情况下,随着向基座 112 施加的高频电力以 0W、200W、500W、2500W、4500W 逐渐变大,在上部电极 120 流动的直流电流也变大。由此可知,即使例如可变直流电源 142 的直流电压一定,施加在基座 112 上的高频电力越大,在上部电极 120 流动的直流电流也越大,所以上部电极 120 的温度也上升。

[0134] 根据以上的实验结果等,认为在向上部电极 120 施加高频电力和直流电流的情况下,优选用于计算载冷剂的目标温度的与上部电极设定温度的温度差 ΔT 的运算式为下述式 (1):

$$[0135] \quad \Delta T = k(a \cdot A + b \cdot B + c \cdot HV \cdot B) \cdot D/C \quad \dots\dots (1)$$

[0136] 在上述式 (1) 中,k 是从电力向温度的换算系数。上述式 (1) 的括号内的 $a \cdot A$ 项是考虑施加在上部电极 120 上的高频电力所带来的影响的项。具体而言,A 是上部电极 120 的高频电力。a 是系数,表示上部电极 120 的高频电力的项对上部电极 120 的温度的影响的程度。

[0137] $b \cdot B$ 项是考虑施加在基座 112 上的高频电力所带来的影响的项。具体而言,B 是施加在基座 112 上的高频电力。b 是系数,表示基座 112 的高频电力的项对上部电极 120 的温度的影响的程度。

[0138] $c \cdot HV \cdot B$ 项是考虑施加在上部电极 120 上的直流电压所带来的影响的项。具体而言,HV 是施加在上部电极 120 上的可变直流电源 142 的直流电压,B 是如上所述施加在基座 112 上的高频电力。此处,将 HV 与 B 相乘是因为考虑到,例如如图 5 所示,即使可变直流电源 142 的直流电压一定,施加在基座 112 上的高频电力越大,上部电极 120 的温度也有变得越大的倾向。它们例如作为蚀刻处理条件能够使用预先设定的值。c 是系数,表示直流电压的项对上部电极 120 的温度的影响的程度。

[0139] 而且,D/C 项中的 C 是每一块晶片 W 的处理时间,D 是处理时间 C 中的高频电力的施加时间。其中,此处的处理时间 C 是例如对施加高频电力的时间与晶片 W 的交换时间进行合计而得到的每一块晶片 W 所需的时间。例如通过控制器 270 进行这样的温度差 ΔT 的计算和目标温度 T 的设定。

[0140] 各项 A、B、HV、C、D,例如作为蚀刻处理条件,能够各自使用预先设定的值。此外,各个系数 k、a、b、c 能够根据实际的蚀刻处理选择最佳的值。此外,各个系数 k、a、b、c 也可以各自由多个系数构成。例如系数 c 也可以由两个系数构成,固定一个系数,由另一个系数调整大小。

[0141] 如上所述,通过将关于可变直流电源 142 的直流电压的项导入用于设定载冷剂的

目标温度的温度差 ΔT 的运算式 (上述式 (1)) 中, 能够抑制可变直流电源 142 的直流电压对上部电极 120 的温度上升的影响。

[0142] (上部电极的温度控制)

[0143] 接着, 对进行上部电极 120 的温度控制时的温度调整装置 200 的动作进行说明。此处, 说明相对规定块数的晶片 W 连续执行蚀刻处理的批量处理的情况。

[0144] 首先, 在开始晶片 W 的批量处理前 (例如空转 (idle) 时), 预先调整循环通路 210 内的循环 E1 中载冷剂的温度, 将上部电极 120 的温度调整至设定温度 H。具体而言, 在开始批量处理之前的温度调整中, 首先将图 1 所示的上部电极 120 的温度传感器 131 的温度测定结果输出至装置控制器 170, 从装置控制器 170 输出至控制器 270。控制器 270 根据该温度测定结果调整第二热交换器 212 的流量调整阀 235 和电加热器 213 的加热器电源 240, 调整循环通路 210 内的载冷剂的温度, 使得上部电极 120 的温度成为设定温度 H。此时, 第一热交换器 211 的开关阀 221 关闭, 通过第二热交换器 212 和加热器 213 调整载冷剂的温度。即, 通过第二热交换器 212 的氟里昂替代物的潜热进行载冷剂的冷却。该空转状态时的循环通路 210 内的载冷剂的温度, 由于散热等的影响, 最终被调整至比设定温度 H 稍高的温度。

[0145] 然后, 在等离子体处理装置 100 中, 在空转状态结束, 晶片 W 的批量处理开始时, 设定图 1 所示的循环通路 210 中的载冷剂的目标温度 T。例如, 当装置控制部 170 的处理开始信息被输入控制器 270 时, 载冷剂的目标温度 T 被设定。

[0146] 目标温度 T 为比上部电极 120 的设定温度 H 低的温度, 设定温度 H 与目标温度 T 的温度差 ΔT 通过上述式 (1) 求得。当计算出温度差 ΔT , 目标温度 T 被设定时, 打开第一热交换器 211 的开关阀 221, 利用第一热交换器 211 内的水的显热和第二热交换器 212 中的氟里昂替代物的潜热, 循环通路 210 内的载冷剂被急速冷却, 稳定在目标温度 T。开始晶片 W 的批量处理, 在上部电极 120 上施加等离子体生成用的高频电力而产生的热通过已冷却的载冷剂进行散热, 抑制上部电极 120 的温度上升。

[0147] 此处, 在图 6、图 7 中表示在高频电力上叠加直流电压并施加在上部电极 120 上而进行规定块数的晶片 W 的批量处理时, 计算出 ΔT 并进行上部电极 120 的温度控制的情况下的实验结果。图 6 是不考虑直流电压地计算出 ΔT 并进行温度控制的情况, 图 7 是考虑直流电压地计算出 ΔT 并进行温度控制的情况。具体而言, 在图 6 中, 使上述式 (1) 的系数 c 为 0, 使直流电压的项 ($c \cdot HV \cdot B$) 为 0, 由此计算 ΔT ; 在图 7 中, 在上述式 (1) 的直流电压的项 ($c \cdot HV \cdot B$) 中代入适当的值, 并计算 ΔT 。

[0148] 其中, 图 6、图 7 均是进行由施加不同的高频电力的两个步骤 (第一步骤和接续进行第二步骤) 构成的蚀刻处理的情况下的实验结果。此处, 如上所述, 在开始晶片 W 的批量处理之前 (例如空转状态时), 预先将上部电极 120 的温度 CT 调整至设定温度 H (图 6、图 7 所示的虚线), 并分别设定根据计算出的 ΔT 得到的载冷剂的目标温度, 在最初的晶片 W 的处理中, 在向上部电极 120 施加高频电力的定时, 通过第一热交换器 211 和第二热交换器 212 开始快速冷却载冷剂。之后, 例如通过温度传感器 131 监视上部电极 120 的温度 CT, 并对载冷剂的温度 BT 进行微调, 使得上部电极 120 的温度总为设定温度 H。

[0149] 其中, 作为图 6、图 7 中的处理条件, 在第一步骤中, 使上部电极 120 的高频电力为 2000W, 使基座 112 的高频电力为 1000W, 使可变直流电源 142 的直流电压为 700V, 使处理室

内压力为 25mT, 在第二步骤中, 使上部电极 120 的高频电力为 1000W, 使基座 112 的高频电力为 3000W, 使可变直流电源 142 的直流电压为 1500V, 使处理室内压力为 25mT。而且, 作为第一、第二步骤中的处理气体, 与图 4、图 5 的情况同样, 使用在氧化膜蚀刻中使用的一般的气体的组合而成的混合气体 (CF 类气体、稀有气体和氧气)。

[0150] 比较图 6 和图 7 的实验结果可知, 因为考虑施加在上部电极 120 上的直流电压地计算 ΔT 的情况 (图 7) 相比于不考虑直流电压地计算 ΔT 的情况 (图 6), 表示上部电极 120 的温度 CT 的最大值水平的点划线 (设定温度 H 的上侧的点划线) 更接近设定温度 H, 所以能够抑制上部电极 120 的温度 CT 的上升, 进一步, 还可知上部电极 120 的温度 CT 的整体的偏差也变小。

[0151] 特别是, 处理第二块以后的晶片 W 时的上部电极 120 的温度 CT 的偏差 (以点划线表示的上部电极 120 的温度 CT 在第二块以后的最大值水平与最小值水平的差), 在图 6 的情况下为 20°C 左右的范围, 与此相对, 在图 7 的情况下被抑制在 6°C 左右的范围内, 可知温度调整的精度得到提高。

[0152] 另外, 在考虑施加在上部电极 120 上的直流电压地计算 ΔT 的情况下, 例如如图 7 的双点划线所示, 与处理第二块以后的晶片 W 的情况相比, 在处理最初的第一块晶片 W 时, 上部电极 120 的温度 CT 具有下冲 (under shoot, 过冷却) 的倾向。例如通过进行调整, 使得用于计算 ΔT 的上述式 (1) 中的直流电压项 ($c \cdot HV \cdot B$) 的系数 c 的值变小, 则能够缓和该下冲的倾向。

[0153] 此外, 因为施加在作为下部电极的基座 112 上的高频电力的值 B 越大, 用于计算 ΔT 的上述式 (1) 中的直流电压项 ($c \cdot HV \cdot B$) 也越大, 所以如上所述, 在处理最初的第一块晶片 W 时, 与处理第二块以后的晶片 W 的情况相比, 上部电极 120 的温度 CT 的下冲 (过冷却) 有变大的倾向。这种情况下的下冲, 与上述同样, 例如通过进行调整, 使得用于计算 ΔT 的上述式 (1) 中的直流电压项 ($c \cdot HV \cdot B$) 的系数 c 的值变小, 则能够得到缓和。因此, 例如也可以根据施加在基座 112 上的高频电力的值 B 改变直流电压项 ($c \cdot HV \cdot B$) 的系数 c 的值。由此, 即使在处理最初的第一块晶片 W 时, 也能够以与处理第二块以后的晶片 W 时相同的高精度控制上部电极 120 的温度 CT。

[0154] 如以上详细叙述的, 叠加高频电力和直流电压并施加在上部电极 120 上的情况下, 通过考虑该直流电压地计算 ΔT 并设定载冷剂的目标温度, 能够抑制由向上部电极 120 施加直流电压而导致的温度上升。由此, 因为在进行批量处理时, 从最初的晶片 W 到最后的晶片 W 的处理均能够以更高的精度保持上部电极 120 的温度, 所以能够消除由向上部电极 120 施加直流电压而导致的温度上升所引起的批量内的晶片 W 的处理特性 (例如蚀刻速率、形成于晶片 W 上的元件的形状等) 的偏差。

[0155] 而且, 上述式 (1) 不仅能够应用于在高频电力上叠加直流电压并施加在上部电极 120 上的情况, 在上部电极 120 上不施加直流电压而仅施加高频电压的情况下也能够应用同样的式子。即, 上述式 (1) 中的 $c \cdot HV \cdot B$ 项虽然在施加直流电压的情况下为必需的项, 但是在上部电极 120 上不施加直流电压的情况下, 通过使直流电压 HV 为 0, 上述式 (1) 与没有 $c \cdot HV \cdot B$ 项时相同。

[0156] 此外, 在批量处理结束后, 也可以打开三通阀 261 的旁通路 260 侧的流路, 使载冷剂以绕过上部电极 120 的方式循环 (循环 E2)。这时, 例如停止第一热交换器 211 的冷却和

第二热交换器 212 的冷却,利用电加热器 213 对载冷剂进行加热。之后,三通阀 261 被切换到上部电极 120 侧的流路,加热后的载冷剂以通过上部电极 120 内的方式循环(循环 E1)。间歇进行该三通阀 261 的切换,能够交替切换通过上部电极 120 的载冷剂的循环 E1 和绕过上部电极 120 的快捷的循环 E2。由此,载冷剂的温度能够在短时间内恢复至空转状态时的温度,并且能够使在晶片 W 的处理结束时暂时下降的上部电极 120 的温度在短时间内恢复至设定温度 H。

[0157] 以上参照附图对本发明的优选实施方式进行了说明,但是,本发明当然不限于上述示例。本领域的技术人员能够在权利要求的范围所记载的范畴内想到各种变形例或修改例,应该了解的是,这些当然也属于本发明的技术范围。例如电极温度调整装置的结构不限于图 1 所示,只要能够对载冷剂等热介质进行温度调整使其在上部电极内循环从而调整温度,则可以使用任何结构。

[0158] 此外,在上述实施方式中,对进行蚀刻的等离子体处理装置的上部电极的温度控制进行了说明,但是并不限于此,例如也可以将本发明应用于进行蚀刻处理以外的等离子体处理,例如进行成膜处理的等离子体处理装置的上部电极的温度控制中。

[0159] 产业上的可利用性

[0160] 本发明能够应用于等离子体处理装置、电极温度调整装置、电极温度调整方法。

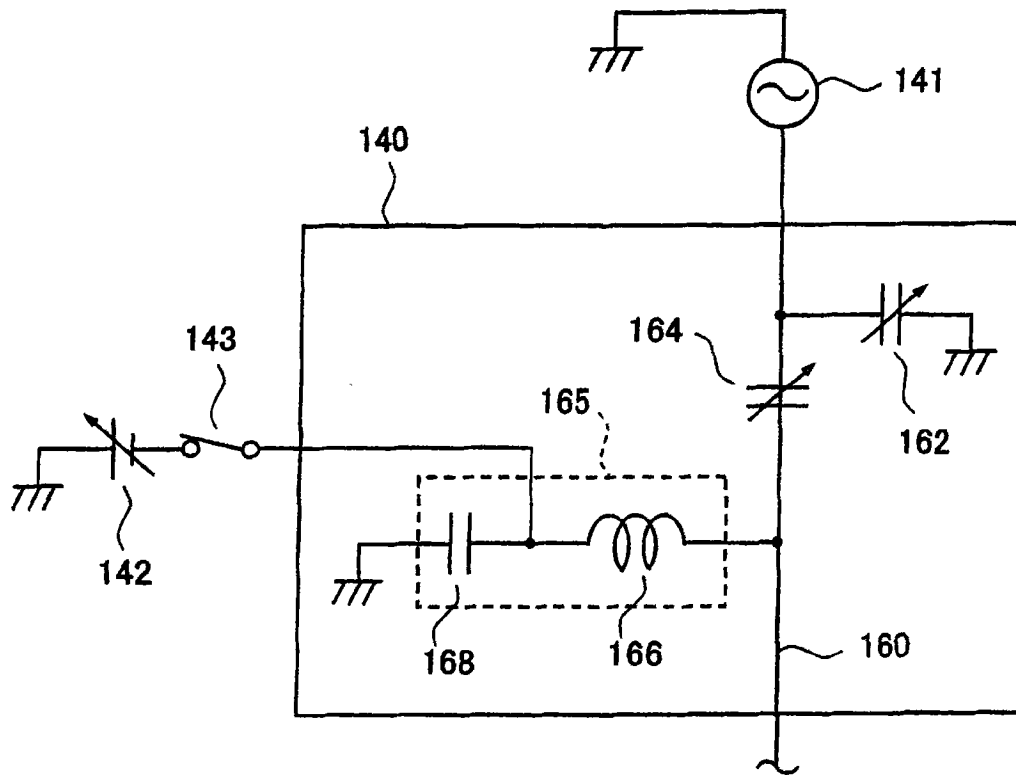


图 2

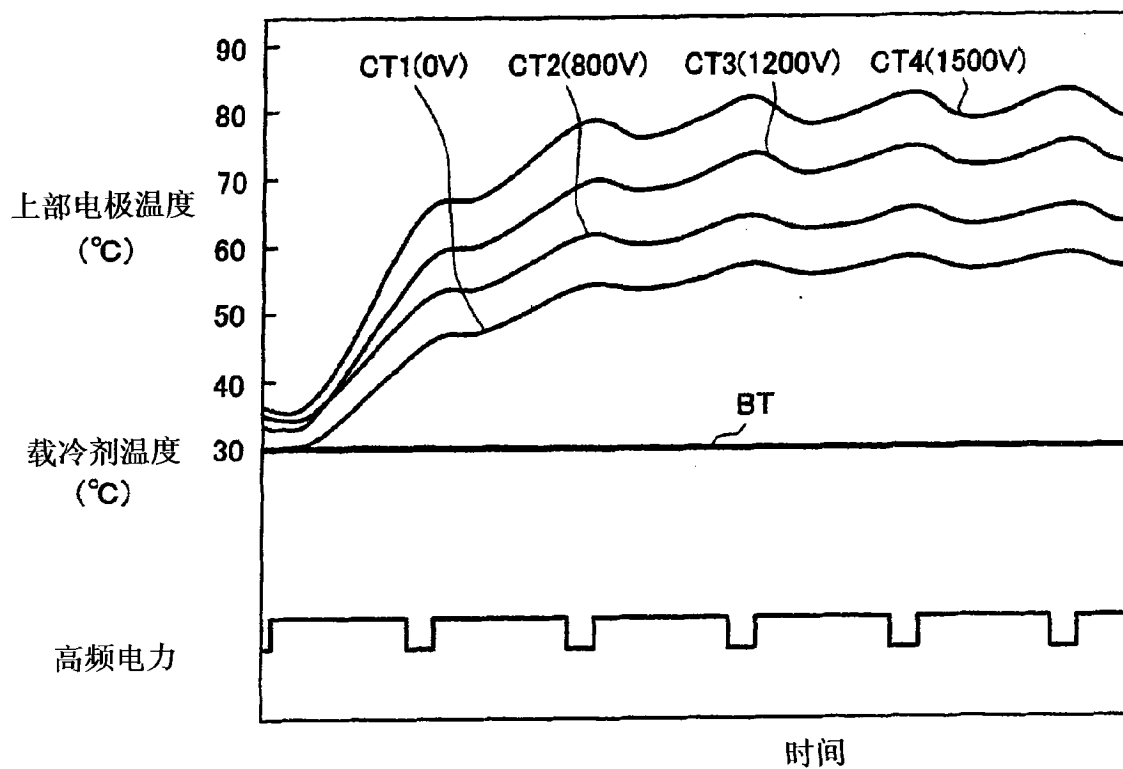


图 3

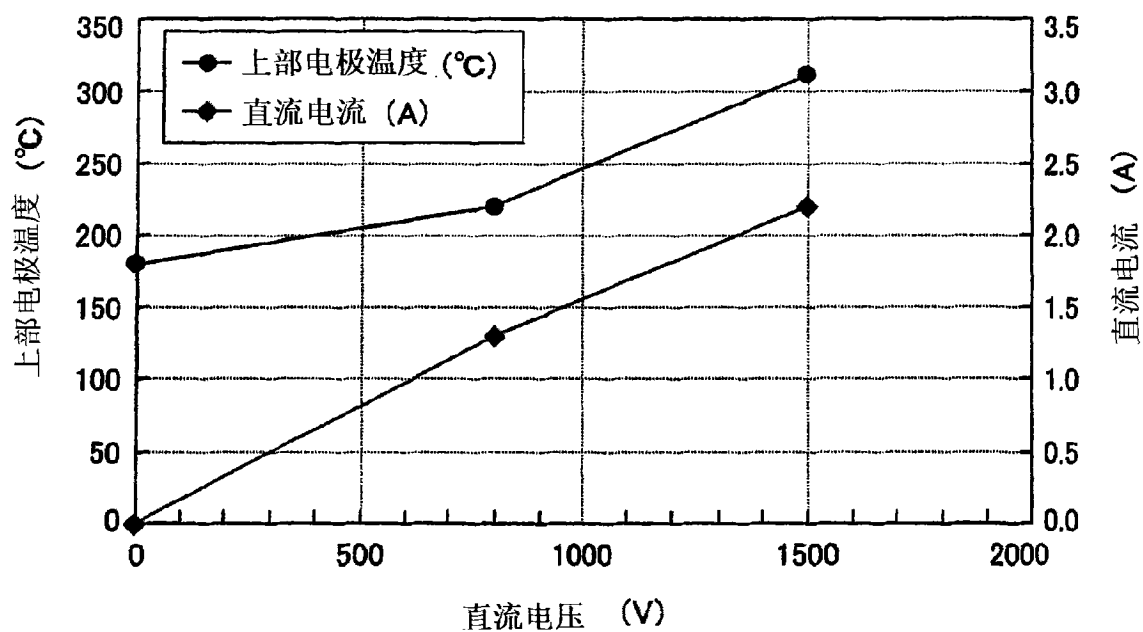


图 4

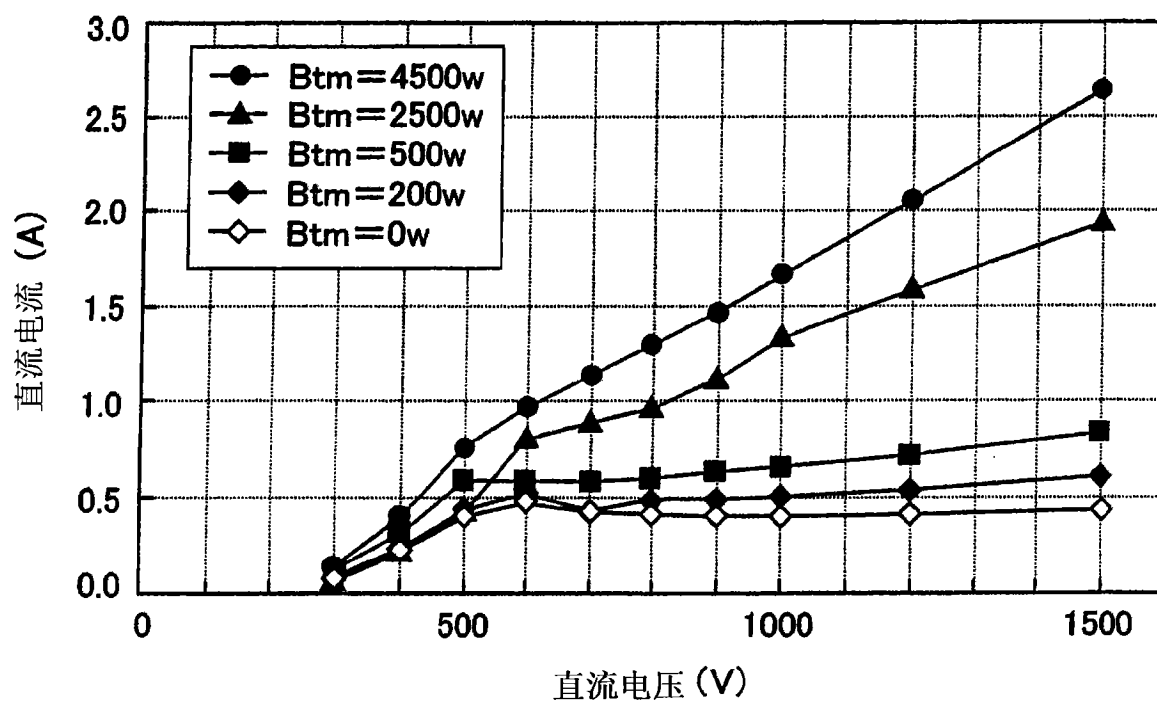


图 5

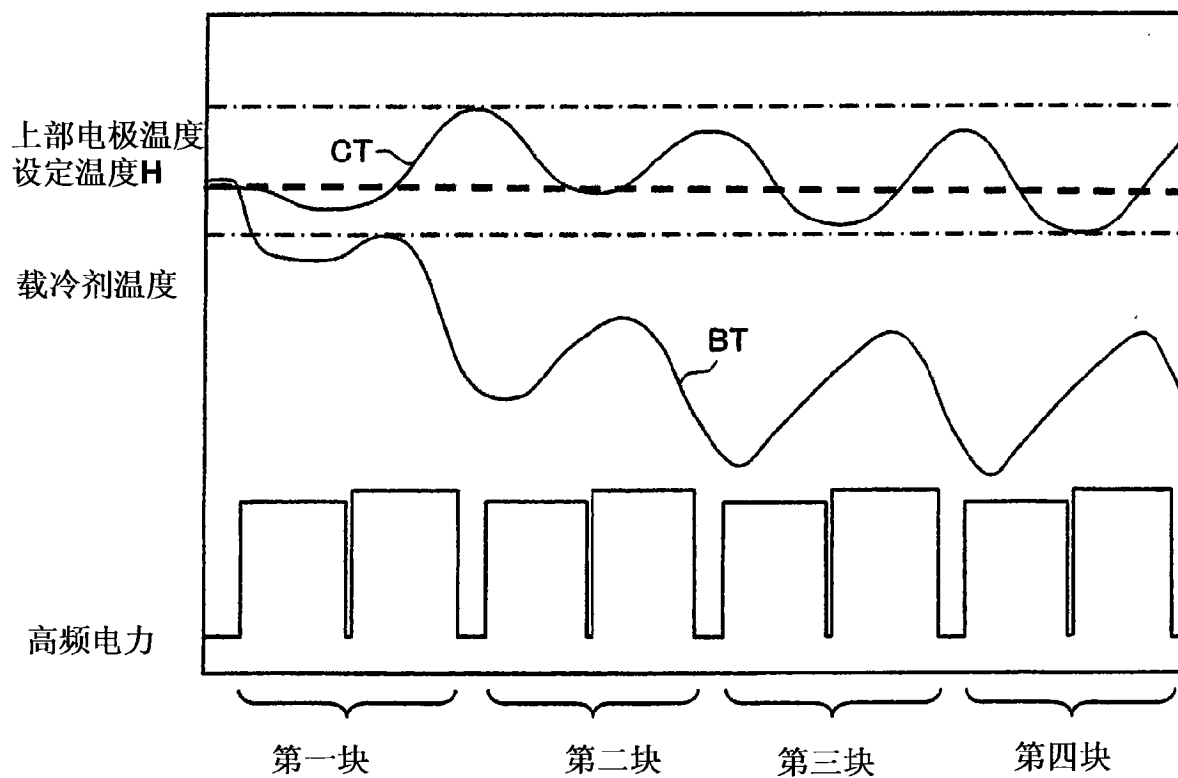


图 6

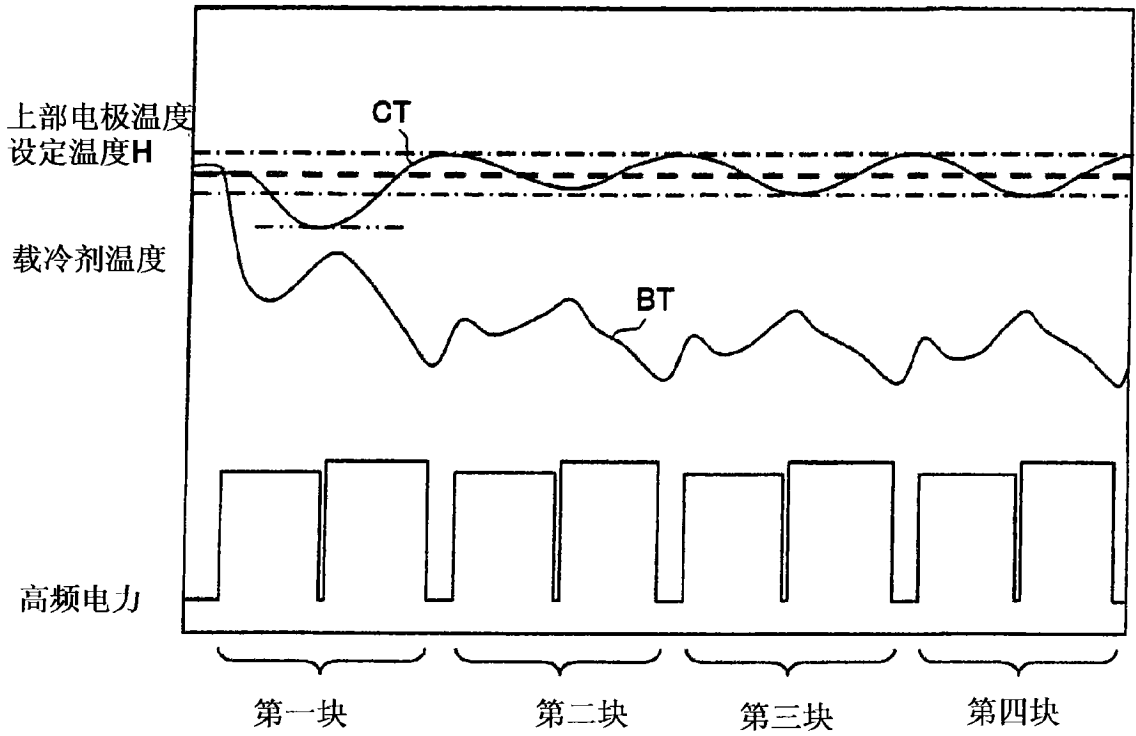


图 7