



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102856191 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 08

(21) 申请号 201110239141. 5

审查员 张剑铭

(22) 申请日 2011. 08. 19

(30) 优先权数据

2011-145164 2011. 06. 30 JP

(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 井上喜晴 森本未知数 松本刚

小野哲郎 金清任光 药师寺守

宫地正和

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 许海兰

(51) Int. Cl.

H01L 21/311(2006. 01)

H01L 21/02(2006. 01)

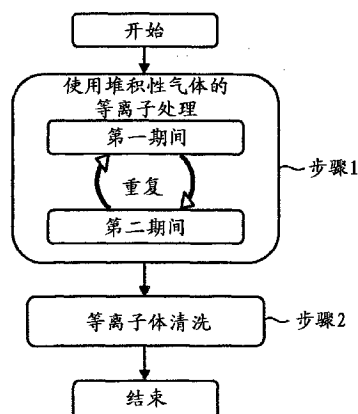
权利要求书1页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

等离子处理方法

(57) 摘要

本发明提供一种能够在使用堆积性气体的等离子处理中,抑制被处理体的处理枚数的增加所产生的异物的等离子处理方法。本发明提供一种等离子处理方法,从被导入到处理室内的堆积性气体生成等离子体,通过使载置于该处理室内所设置的试料台上的被处理体以施加了高频电力的状态暴露于上述等离子体中进行上述被处理体的蚀刻,该等离子处理方法的特征在于:通过重复将上述被处理体暴露于上述等离子体中的第一期间和将上述被处理体暴露于上述等离子体中且针对上述被处理体的蚀刻速率低于该第一期间的第二期间,在向上述处理室内壁面的堆积膜成为非结膜的蚀刻条件下蚀刻上述被处理体。



1. 一种等离子处理方法,使用氢氟碳化物气体和 O_2 气体的混合气体,在处理室内对含有氮原子和硅原子的膜进行等离子蚀刻,该等离子处理方法的特征在于,具有:

一边将通过以第一期间与具有比上述第一期间的振幅小的振幅的第二期间之和为一个周期的波形进行了时间调制的上述高频电力供给到具有上述含有氮原子和硅原子的膜的被处理体,一边使用上述氢氟碳化物气体和 O_2 气体的混合气体对上述含有氮原子和硅原子的膜进行等离子蚀刻的工序,其中,

上述时间调制的重复频率是在上述第一期间所生成的反应生成物堆积于上述处理室内壁面的厚度和在上述第二期间所生成的反应生成物堆积于上述处理室内壁面的厚度分别小于等于 1nm 的频率。

2. 按照权利要求 1 所记载的等离子处理方法,其特征在于:

上述时间调制的重复频率是大于等于 1Hz 且小于等于 2000Hz 的范围内的频率。

3. 按照权利要求 2 所记载的等离子处理方法,其特征在于:

还具有对上述处理室进行等离子体清洗的工序。

4. 按照权利要求 3 所记载的等离子处理方法,其特征在于:

上述氢氟碳化物是 CH_3F 气体,

上述等离子体清洗是使用 O_2 气体来进行的。

5. 一种等离子处理方法,使用氢氟碳化物气体和 O_2 气体的混合气体,在处理室内对含有氮原子和硅原子的膜进行等离子蚀刻,该等离子处理方法的特征在于,具有:

通过上述氢氟碳化物气体和 O_2 气体的混合气体的等离子体对上述含有氮原子和硅原子的膜进行等离子蚀刻的工序,其中,

上述等离子体通过以第一期间与具有比上述第一期间的振幅小的振幅的第二期间之和为一个周期的脉冲而被时间调制,

上述时间调制的重复频率是在上述第一期间所生成的反应生成物堆积于上述处理室内壁面的厚度和在上述第二期间所生成的反应生成物堆积于上述处理室内壁面的厚度分别小于等于 1nm 的频率。

6. 按照权利要求 5 所记载的等离子处理方法,其特征在于:

上述时间调制的重复频率是大于等于 1Hz 且小于等于 2000Hz 的范围内的频率。

7. 按照权利要求 6 所记载的等离子处理方法,其特征在于:

还具有对上述处理室进行等离子体清洗的工序。

8. 按照权利要求 7 所记载的等离子处理方法,其特征在于:

上述氢氟碳化物是 CH_3F 气体,

上述等离子体清洗是使用 O_2 气体来进行的。

等离子处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及使用等离子处理装置的等离子处理方法,特别涉及抑制异物的等离子处理方法。

背景技术

[0002] 为了制造高精细化、复杂化的半导体器件,就需要对作为被蚀刻材料的膜高选择性地且垂直地进行等离子蚀刻的技术。作为其一,相对于基底及作为掩模材料使用的氧化硅膜(SiO_2)高选择性地且垂直地等离子蚀刻氮化硅膜(Si_3N_4)就成为重要课题。

[0003] 作为解决此课题的技术,在专利文献1中公开了使用 CH_3 或 CH_2F_2 等由C、H、F组成且F对H之比小于等于2的这种气体,相对于氧化硅膜以高选择比蚀刻氮化硅膜这一方法。另外,在专利文献2中公开了在氮化硅蚀刻中使晶片偏压功率值上下变动以提高选择性这一技术。

[0004] 【现有技术文献】

[0005] 【专利文献】

[0006] 【专利文献1】日本专利公开特开昭60-115232号公报

[0007] 【专利文献2】日本专利公开特开平6-267895号公报

[0008] 虽然在上述的现有技术中,兼顾高选择性和垂直性较高的形状,但由于使用 CH_3 气体或 CH_2F_2 气体的等离子体,所以使包含堆积性较强的碳的反应生成物发生许多。因此,在等离子处理室的内壁就会堆积许多碳系的反应生成物,若处理一定程度的枚数(片数)堆积膜就会剥落并作为异物落到晶片上。蚀刻加工的不良就会因在此晶片上落下的纳米至微米级大小的异物而发生。

[0009] 另外,上述课题并不限于使用 CH_3 气体或 CH_2F_2 气体的等离子体的蚀刻,在使用堆积性气体的等离子蚀刻中也是共同的课题。

发明内容

[0010] 因此,本发明提供一种能够在使用堆积性气体的等离子处理中,抑制被处理体的处理枚数的增加而产生的异物的等离子处理方法。

[0011] 本发明提供一种等离子处理方法,从被导入到处理室内的堆积性气体生成等离子体,通过使载置于该处理室内所设置的试料台上的被处理体以施加了高频电力的状态暴露于上述等离子体中进行上述被处理体的蚀刻,该等离子处理方法的特征在于:通过重复将上述被处理体暴露于上述等离子体中的第一期间和将上述被处理体暴露于上述等离子体中且针对上述被处理体的蚀刻速率低于该第一期间的第二期间,在向上述处理室内壁面的堆积膜成为非结晶的蚀刻条件下蚀刻上述被处理体。

[0012] 另外,本发明提供一种等离子处理方法,从被导入到处理室内的堆积性气体生成等离子体,在通过使载置于该处理室内所设置的试料台上的被处理体以施加了高频电力的状态暴露于上述等离子体中进行上述被处理体的蚀刻的期间抑制向上述处理室内壁面

的堆积,该等离子处理方法的特征在于:对上述高频电力进行时间调制并间歇地施加于上述被处理体。

[0013] 根据本发明的等离子处理方法,就能够在使用堆积性气体的等离子处理中,抑制被处理体的处理枚数的增加所产生的异物。

附图说明

[0014] 图 1 是实施本发明的等离子蚀刻装置之概略截面图。

[0015] 图 2 是表示本发明的等离子处理的流程图。

[0016] 图 3 是表示基于等离子处理方法差异而产生的反应生成物之堆积状态的图。

[0017] 图 4 是表示实施例中所用的晶片(wafer)的膜构造的图。

[0018] 图 5 是表示氮化硅膜的蚀刻速度的处理枚数依赖性的图。

[0019] 图 6 图示与任意第一期间的高频偏压功率相对的处理枚数增加所造成的异物可以抑制的占空比的范围。

[0020] 【附图标记说明】

[0021] 1 试料台、2 处理室、3 台架、4 顶棚、5 波导管、6 磁控管、7 电磁线圈、8 直流电源、9 高频电源、10 晶片、11 搬入口、12 排气口、13 等离子体、14 在第一期间所生成的反应生成物、15 在第二期间所生成的反应生成物、16 硅基板、17 氧化硅膜、18 氮化硅膜、19 掩模。

具体实施方式

[0022] 首先就用于实施本发明的等离子处理方法的等离子蚀刻装置之一例进行说明。图 1 是本实施例中所使用的等离子蚀刻装置之概略截面图。本实施例的等离子蚀刻装置是一种使用了微波的 ECR(Electron Cyclotron Resonance) 等离子蚀刻装置,其具备:载置作为被处理体的晶片 10 的试料台 1;将试料台 1 设在内部的处理室 2;支承处理室 2 的台架 3;对着试料台 1 振荡微波的磁控管 6;使从磁控管 6 所振荡的微波传播到处理室 2 的波导管 5;使在波导管 5 传播的微波进行透过的电介体的顶棚 4;设置于处理室 2 的外侧使静磁场发生的电磁线圈 7;对试料台 1 施加高频电力的高频电源 9;将处理室 2 内控制成规定压力的排气部件(未图示)。

[0023] 高频电源 9 能够将连续的高频电力或者时间调制后的间歇的高频电力中的某一种高频电力施加于试料台 1。另外,通过由直流电源 8 对试料台 1 施加直流电压,而借助于静电吸附使晶片 10 吸附于试料台 1 的载置面。

[0024] 接着,就使用了本等离子蚀刻装置的晶片 10 的等离子处理进行说明。通过搬送部件(未图示)经由搬入口 11 将晶片 10 载置于试料台 1。将从磁控管 6 所振荡的微波经由波导管 5 以及顶棚 4 而供给到处理室 2 内。一边将通过气体供给部件(未图示)而供给到处理室 2 内的气体经由排气口 12 通过排气部件(未图示)进行排气,一边将处理室内 2 的压力控制成规定压力,并通过处理室内所供给的微波和由电磁线圈 7 所发生的静磁场的相互作用,使处理室 2 内发生高密度的等离子体 13。使用此等离子体 13 对试料台 1 上所载置的晶片 10 进行等离子处理。另外,由高频电源 9 对试料台 1 施加高频电力将等离子体 13 中的离子引入到晶片 10,进行离子辅助蚀刻。接着等离子处理后的晶片 10 通过搬送部件(未图示)经由搬入口 11 从处理室 2 搬出。

[0025] 接着,就使用了上述等离子蚀刻装置的本发明的等离子处理方法进行说明。如图2所示首先作为步骤1,一边使用吸附系数高的气体即堆积性气体重复第一期间和第二期间一边对晶片10进行等离子处理。这里,第二期间是指生成与第一期间所生成的反应生成物的组成不同的反应生成物的期间。另外,第一期间和第二期间以在第一期间所生成的反应生成物堆积于处理室2内壁的厚度和在第二期间所生成的反应生成物堆积于处理室2内壁的厚度分别小于等于1nm这样的频率进行重复。

[0026] 接着作为步骤2,进行处理室2内的等离子体清洗。不论在试料台1上载置了晶片10的状态下还是没有载置的状态下都可以进行此等离子体清洗。另外,在晶片10被载置于试料台1的状态下实施等离子体清洗时,步骤1和步骤2的晶片10不论相同与否均可。

[0027] 以上,就是进行步骤1和步骤2的等离子处理方法,本发明通过进行步骤1和步骤2,能够抑制伴随于作为被处理体的晶片10的处理枚数的增加而发生的异物。此效果被认为源于以下作用。

[0028] 图3是说明异物的发生和抑制的图。图3所示的黑圆圈表示在第一期间所生成的反应生成物14,白圆圈15表示在第二期间所生成的反应生成物15。

[0029] 图3(a)是第一期间和第二期间以在第一期间所生成的反应生成物堆积于处理室2内壁的厚度和在第二期间所生成的反应生成物堆积于处理室2内壁的厚度中的某一个大于1nm这样的频率进行重复时,堆积于处理室2内壁的反应生成物的截面示意图。在此情况下,由于在第一期间和第二期间具有反应生成物充分地堆积于处理室2内壁的时间,所以能够形成堆积层,堆积膜为层叠型结构。层叠型的堆积膜因黑圆圈层或者白圆圈层的同一层内的分子间的结合能强于离子的等离子位势(plasma potential)、且相对于原子团持有耐性,故难以挥发,较之于堆积膜被入射到处理室2内壁的离子或原子团被除掉的速率,反应生成物向处理室2内壁的堆积速率更快一些,故反应生成物所造成的堆积膜的厚度将增加。而且,因黑圆圈层和白圆圈层的层间的结合较弱、还持有易于剥离的性质,故例如若层断面有剥露的地方就会从那里剥离开,并在晶片10上落下而成为异物。

[0030] 图3(b)是第一期间和第二期间以在第一期间所生成的反应生成物堆积于处理室2内壁的厚度和在第二期间所生成的反应生成物堆积于处理室2内壁的厚度分别小于等于1nm这样的频率进行重复时,堆积于处理室2内壁的反应生成物的截面示意图。在此情况下,由于在第一期间和第二期间的各自期间没有反应生成物充分地堆积于处理室2内壁的时间,所以无法形成黑圆圈层或者白圆圈层,堆积膜成为黑圆圈和白圆圈的非结晶型结构。非结晶型的堆积膜因分子间的结合能相对于离子的等离子位势而言同等或者在同等以下、且相对于原子团的耐性亦减弱,故易于挥发,较之于反应生成物堆积于处理室2内壁的堆积速率,堆积膜被入射到处理室2内壁的离子或原子团除掉的速率更快一些,故反应生成物的堆积膜的厚度维持很薄或几乎接近于0。因此,作为异物而剥落的量微乎其微,异物得以抑制。

[0031] 另外,在图3(a)所示那样的堆积膜堆积于处理室2的情况下,即便实施等离子体清洗也很难充分地除去堆积膜,但在图3(b)所示那样的堆积膜堆积于处理室2的情况下,通过实施等离子体清洗就能够完全地除去堆积膜。

[0032] 另外,如上所述,本发明叙述了步骤1和步骤2的组合,但根据本发明的等离子处理所用的堆积性气体的种类或者气体流量,通过至少进行步骤1也能够抑制伴随于作为被

处理体的晶片 10 的处理枚数的增加而发生的异物。亦即换言之,本发明的特征是通过重复将被处理体暴露于等离子体的第一期间和将上述被处理体暴露于等离子体且针对上述被处理体的蚀刻速率低于该第一期间的第二期间,在处理室内壁面上的堆积膜成为非结晶的蚀刻条件下蚀刻上述被处理体。

[0033] 进而,本发明还可以说是一种等离子处理方法,该等离子处理方法从被导入处理室内的堆积性气体生成等离子体,在通过使载置于该处理室内所设置的试料台上的被处理体,以施加了高频电力的状态暴露于上述等离子体来进行上述被处理体的蚀刻这一期间,抑制向上述处理室内壁面的堆积,该等离子处理方法的特征是对上述高频电力进行时间调制并间歇地施加于上述被处理体。

[0034] 因而,本发明因进行重复上述第一期间和第二期间的蚀刻,故能够抑制向处理室内壁面的堆积。因此,能够抑制被处理体的处理枚数的增加所造成的异物。以下,就本发明的各实施例进行说明。

[0035] [实施例 1]

[0036] 首先,就本实施例中进行处理的被处理体即晶片 10 之结构进行说明。

[0037] 如图 4 所示,在硅基板 16 上有氧化硅膜 17,在氧化硅膜 17 之上有氮化硅膜 18。另外,在氮化硅膜 18 之上图案形成有氧化硅材料的掩模 19。此外,在本实施例中只要是相对于氧化硅膜 17 有选择性地蚀刻氮化硅膜 18 的工序即可,并不限定结构及工序。例如,还可以是氧化硅膜作为掩模图案不考虑基底膜地蚀刻氮化硅膜的主蚀刻工序,或者将氧化硅膜作为基底膜并除去残留氮化硅膜的工序。另外,虽然在本实施例中采用氮化硅膜 18 作为被蚀刻膜,但也可以是含有硅原子和氮原子的膜。

[0038] 对上述结构的晶片 10 使用上述微波 ECR 等离子蚀刻装置通过表 1 所示那样的 CH_3F 气体和 O_2 气体的混合气体的等离子体进行了处理。此外,表 1 的占空比是指第一期间相对于高频偏压的一个周期(第一期间和第二期间之和)之比。

[0039] 【表 1】

[0040] 等离子处理条件

[0041]

CH_3F 气体	50ml/min
O_2 气体	30ml/min
处理压力	0.5Pa
微波功率	1000W
第一期间的高频偏压功率	400W
第二期间的高频偏压功率	0W
第一期间和第二期间的重复频率	10Hz
占空比	10%

处理时间	200sec
------	--------

[0042] 在表 1 所示的条件下即便处理 25 枚晶片 10,也能够进行垂直形状的蚀刻,并且还能够抑制异物。

[0043] 本实施例中,通过将重复频率为 10Hz 的时间调制后的间歇的高频偏压施加于晶片 10 来实施“在第一期间所生成的反应生成物和在第二期间所生成的反应生成物不同,以在第一期间所生成的反应生成物堆积于处理室 2 内壁的厚度和在第二期间所生成的反应生成物堆积于处理室 2 内壁的厚度分别小于等于 1nm 这样的频率重复第一期间和第二期间”这样的本发明步骤 1。这里,重复频率是指重复第一期间和第二期间的周期的倒数。

[0044] 另外,虽然第一期间和第二期间的重复频率在本实施例中 10Hz 为最佳值,但如表 2 所示只要是 10Hz 以上的频率即可。此外,表 2 是表示在表 1 的条件下,相对于将占空比固定成 50%时的重复频率的异物容许范围和相对于第一期间的高频偏压功率的异物容许范围的数据。

[0045] 另外,表 2 中的“○”表示可以进行垂直形状的蚀刻且异物数为容许范围,“×”表示不可容许异物,“-”表示不可蚀刻。

[0046] 【表 2】

[0047] 相对于异物容许可否的重复频率依赖性

[0048]

第一期间的高频偏压功率 (时间平均功率)	第一期间和第二期间的重复频率				
	0.1Hz	1Hz	10Hz	100Hz	2000Hz
10W(5W)	—	—	—	—	—
20W(10W)	—	—	—	—	—
40W(20W)	—	—	—	—	—
70W(35W)	×	○	○	○	○
100W(50W)	×	○	○	○	○
200W(100W)	×	×	○	○	○
400W(200W)	×	×	×	○	○

[0049] 如表 2 所示若使高频偏压的第一期间和第二期间的重复频率大于等于 1Hz 小于等于 2000Hz 就存在“○”区域,并且“○”区域伴随于重复频率的增加而增加。这是因为使用 CH₃F 气体作为堆积性气体,故在第一期间所生成的反应生成物和在第二期间所生成的反应生成物分别堆积于处理室 2 内壁的膜厚在重复频率大于等于 1Hz 小于等于 2000Hz 时将小于等于 1nm 的缘故。

[0050] 另外,为进行垂直加工的蚀刻就需要使第一期间的高频偏压大于 40W。但是,由于此 40W 是占空比为 50%的值,为计算以其他占空比进行垂直加工的蚀刻用的第一期间的高频偏压功率就需要将 40W 换算成时间平均功率。此外,时间平均功率通过第一期间的高频偏压功率和占空比之积来求解。

[0051] 因而,为进行垂直加工的蚀刻就需要使高频偏压功率的时间平均大于 20W。另外,

由于使用了直径为 300mm 的晶片 10, 所以若按每 1cm^2 晶片进行换算则高频偏压的时间平均功率需要大于等于 0.03W。

[0052] 这一理由是因为在步骤 1 所使用的气体其反应生成物向处理室 2 内壁的堆积速率较快, 若高频偏压的时间平均功率小于等于 20W 则堆积速率快于蚀刻速率故蚀刻不进展的缘故, 或者离子的能量不足够使蚀刻形状成为锥形的缘故。另外, 在此情况下, 虽然层叠型堆积膜未形成但单一成分的反应生成物进行堆积, 若此单一成分的堆积物也堆积至某种程度的厚度就会在晶片 10 上落下。

[0053] 虽然在本实施例中, 使用了由 CH_3F 气体和 O_2 气体所组成的混合气体, 但在此混合气体中添加 Ar 气体、Xe 气体、Kr 气体、He 气体、 N_2 气体等惰性气体也能够取得与本实施例同样的效果。另外, 虽然在本实施例中使用了 CH_3F 气体作为堆积气体, 但使用 CHF_3 气体、 CH_2F_2 气体等氢氟碳化物 (hydrofluorocarbon) 气体也能够取得与本实施例同样的效果。特别是若在氢氟碳化物气体之中使用氟相对于氢的比小于等于 2 的气体, 则对于硅 (Si) 或者氧化硅膜 (SiO_2) 还可以高选择性地蚀刻氮化硅膜 (含有 N 和 Si 的膜)。

[0054] 另外, 为了对于硅 (Si) 或者氧化硅膜 (SiO_2) 高选择性地蚀刻氮化硅膜 (含有氮原子和硅原子的膜), 不一定必须使用氢氟碳化物气体, 只要是蚀刻所用的混合气体中包含的氟的总和相对于氢的总和小于等于 2 的混合气体即可。例如还可以是包含 CF_4 气体、 CHF_3 气体和 CH_4 气体的混合气体。

[0055] 虽然在本实施例中将第二期间的高频偏压功率设为 0W, 但在高频偏压的重复频率较小时, 或者若占空比较小等高频偏压的关闭期间 (在本实施例为第二期间) 变长则有时候会发生高频偏置电压的峰值 (以下称之为 V_{pp}) 易于小节距地变动之类的问题。

[0056] V_{pp} 的变动程度还受处理压力及等离子体密度等影响, 由于第二期间的高频偏压功率只要不同于第一期间的高频偏压功率即可, 所以不是完全地使第二期间的高频功率成为 0W, 而是在直径 300mm 晶片的情况下通过成为无法蚀刻氮化硅膜的 5W 到 20W 程度就能够抑制 V_{pp} 的变动。此外, 此 5W 到 20W 的范围若按晶片单位面积 (1cm^2) 进行换算就是 0.007W 到 0.028W 的范围。

[0057] 因而, 通过使第二期间的高频偏压功率按晶片单位面积 (1cm^2) 成为 0.007W 到 0.028W, 就能够抑制 V_{pp} 的变动, 所以即便在第二期间也能够使晶片 10 上的等离子鞘 (plasma sheath) 的状态稳定。这是因为 V_{pp} 的大部分涉及到等离子鞘的缘故。

[0058] 虽然在本实施例中是对“重复第一期间和生成与第一期间所生成的反应生成物不同的反应生成物的第二期间”这样的本发明 (步骤 1), 应用了重复功率不同的第一期间和第二期间的高频偏压的例子, 但步骤 1 只要是在第一期间所生成的反应生成物和在第一期间所生成的反应生成物不同即可, 所以还可以使用脉冲微波放电、或者应用一边进行时间调制一边将气体供给到处理室 2 内以使气体的组成按时间进行变化这一手段。

[0059] 例如, 在通过脉冲微波放电使气体的组成按时间进行变化的情况下, 采用图 1 的微波 ECR 等离子蚀刻装置进一步具备使从磁控管 6 发生的微波输出以任意频率以及占空比进行开 / 关的微波电源 (未图示) 这一构成即可。

[0060] 另外, 在一边按时间进行调制一边将气体供给到处理室 2 内以使气体的组成按时间进行变化的情况下, 采用图 1 的微波 ECR 等离子蚀刻装置的气体供给部件 (未图示) 进一步具备一边以任意频率进行时间调制一边将气体向处理室内进行供给的控制部这一构

成即可。

[0061] [实施例 2]

[0062] 如实施例 1 那样仅仅通过步骤 1 也能够抑制伴随于晶片 10 的处理枚数增加而产生的异物。但是,根据步骤 1 所用的气体种类、气体流量比、第一期间的高频偏压功率等条件,可能有伴随于晶片 10 的处理枚数增加而产生的异物的抑制不充分的情况。以下就即便在这种情况下也可靠地抑制伴随于晶片 10 的处理枚数的增加而产生的异物的等离子体处理方法进行说明。

[0063] 通过在实施例 1 所说明的步骤 1 中如图 2 那样追加表 3 所示的等离子体清洗处理即步骤 2,就能够可靠地抑制伴随于晶片 10 的处理枚数的增加而产生的异物。

[0064] 【表 3】

[0065] 等离子体清洗处理条件

[0066]

O ₂ 气体	200ml/min
处理压力	1.0Pa
微波功率	1000W
高频偏压功率	0W

[0067] 虽然在本实施例中,如表 3 所示那样在等离子体清洗中使用 O₂气体,但如果堆积在处理室 2 内的堆积物是有机系则还可以使用 SF₆气体、NH₃气体、H₂气体和 N₂气体的混合气体。另外,如果在处理室 2 内堆积的堆积物是金属系则还可以取代 O₂气体而使用 BCl₃气体、BCl₃气体和 Cl₂气体的混合气体。

[0068] 另外,在实施步骤 2 之际,不论是在试料台 1 上载置了晶片 10 的状态还是没有载置的状态均可。另外,在试料台 1 上载置了晶片 10 的状态下,既可以在步骤 2 依旧使用在步骤 1 处理后的晶片 10,或者也可以在步骤 2 使用与在步骤 1 处理后的晶片 10 不同的晶片。

[0069] 另外,虽然在本实施例中将步骤 2 追加于步骤 1 之后,但步骤 2 并不需要在步骤 1 之后每次都实施,依照堆积于处理室 2 内壁的堆积物的量,针对在步骤 1 所处理的晶片 10 的每任意处理枚数实施步骤 2 即可。

[0070] 等离子体清洗的处理时间若过短则无法充分地除去处理室 2 内壁的堆积物,反之若过长则使处理室 2 内的特定零部件(例如石英零部件等)变质而成为异物发生的原因。因此,就需要使等离子体清洗的处理时间最佳化。

[0071] 例如,通过发光检测部件(未图示)来监控等离子体清洗中的碳成分波长的发光推移,计算碳成分的发光强度从等离子体清洗开始直至低于在 5 秒到 10 秒的范围到达的碳成分的发光强度最大值的 25%为止的时间,将此计算出的时间的从等倍到 1.5 倍的时间设为等离子体清洗的处理时间的最佳值。

[0072] [实施例 3]

[0073] 接着就在实施例 2 所说明的步骤 2 所导致的其他效果进行说明。

[0074] 图 5 中表示在设 CH₃F 气体为 50ml/min、O₂气体为 20ml/min、处理压力为 1.0Pa、连

续的高频偏压为 60W 的处理条件下进行了氮化硅膜的连续处理时的氮化硅膜的蚀刻速度的处理枚数依赖性。另外,在图 5 中对在蚀刻了氮化硅膜以后设 O_2 气体为 100ml/min、处理压力为 2.0Pa 的等离子处理(步骤 2)的有无所导致的氮化硅膜的蚀刻速度的处理枚数依赖性进行比较。

[0075] 在无步骤 2 的情况下氮化硅膜的蚀刻速度伴随于处理枚数的增加而逐渐降低,另一方面,在有步骤 2 的情况下几乎看不到氮化硅膜的蚀刻速度的降低。这被认为源于以下理由。

[0076] 在使用 CH_3F 气体的等离子体时,有机系的反应生成物堆积于处理室 2 内壁,堆积于处理室 2 内壁的堆积物的一部分通过等离子体 13 进行再离解。再离解后的堆积物堆积在晶片 10 的表面,妨碍蚀刻。因此,使氮化硅膜的蚀刻速度伴随于晶片 10 的处理枚数的增加而降低。

[0077] 另一方面,在追加了使用 O_2 气体的等离子处理时,由于能够将堆积于处理室 2 内壁的堆积物除去,所以能够抑制处理室 2 内壁的堆积物的再离解所导致的向晶片 10 表面的堆积。因此,就能够抑制氮化硅膜的蚀刻速度伴随于晶片 10 的处理枚数的增加而降低。

[0078] 在监控反应生成物的发光以决定蚀刻结束的终点的情况下,蚀刻速度的多少变动不是问题。但是,例如在被蚀刻面积较小而无法基于发光检测出蚀刻终点,所以在根据时间来决定蚀刻量等情况下就发生问题。

[0079] 另外,若图 4 所示在垂直地蚀刻掩模下的氮化硅膜时,使高频偏压进行开/关以提高第一期间的高频偏压功率就易于垂直地进行蚀刻,但在被埋入槽或孔的氮化硅膜的蚀刻中由于蚀刻形状变得没有关系,所以在使用了 CH_3F 气体的蚀刻中就无需特别对高频偏压进行开/关调制。

[0080] 即便在这些情况下,追加基于使用了 O_2 气体的等离子体的步骤 2 以除去堆积于处理室 2 内壁的堆积物,对抑制伴随于处理枚数的增加的氮化硅膜的蚀刻速度降低而言也是有效的。

[0081] 另外,在图 1 所示的微波 ECR 等离子蚀刻装置中若将顶棚 4 的材料采用石英和铝来比较氮化硅膜的蚀刻速度的降低,则石英一方较小。这能够推定为由于石英被 CH_3F 气体的氟所蚀刻所以堆积物的堆积变得困难并且清洗亦变得容易。

[0082] 另外,改变在处理室 2 内暴露于等离子体 13 的部位的材质进行了实验的结果是,若暴露于等离子体 13 的面积 30% 以上采用石英材料就会看到抑制氮化硅膜的蚀刻速度降低这一效果。此外,暴露于等离子体 13 的面积是指在图 1 所示的微波 ECR 等离子蚀刻装置中自搭载晶片 10 的试料台 1 靠上方空间的面积。

[0083] [实施例 4]

[0084] 虽然在实施例 1 中,说明了“将以 10Hz 以上的频率重复功率不同的第一期间和第二期间的高频偏压施加于试料台 1”这种实施例,但即便功率不同的第一期间和第二期间的重复频率不足 10Hz,只要使第一期间相对于功率不同的第一期间和第二期间的重复周期之比即占空比适当化,就能够抑制伴随于处理枚数的增加的异物。

[0085] 本次,发明人为了根据数学公式计算出上述适当化后的占空比,尝试作为本发明的“形成非结晶型堆积膜”的数式化,并判明可以进行数式化。因此,在本实施例中就本发明的数式化结果进行说明。

[0086] 为了形成非结晶型堆积膜,就要满足以下所示的(1)式以及(2)式。换言之,通过计算满足(1)式以及(2)式的占空比,就能够推定出能够抑制伴随于处理枚数的增加的异物的占空比。

[0087] 【数学公式 1】

[0088]

$$\frac{Rf_c - Rf_2}{Rf_1 - Rf_2} \leq \text{占空比} \leq \frac{9 \times \text{Rate}_2}{9 \times \text{Rate}_2 + \text{Rate}_1}$$

[0089] 【数学公式 2】

[0090]

$$\frac{Rf_c - Rf_2}{Rf_1 - Rf_2} \leq \text{占空比} \leq \frac{\text{freq}}{\text{Rate}_1}$$

[0091] 这里, Rate_1 是第一期间向处理室 2 内壁的堆积速率 [nm/sec], Rate_2 是第二期间向处理室 2 内壁的堆积速率 [nm/sec], Rf_1 是第一期间的高频偏压的功率 [W], Rf_2 是第二期间的高频偏压的功率 [W], Rf_c 是晶片 10 的蚀刻不进展的连续的高频偏压的功率 [W], freq 是第一期间和第二期间的重复频率 [Hz]。

[0092] 针对步骤 1 的每个等离子处理条件分别测定 Rf_c 和 Rate_1 和 Rate_2 , 通过将所测定的 Rf_c 和 Rate_1 和 Rate_2 代入到 (1) 式、(2) 式, 就能够计算出任意 Rf_1 、 Rf_2 、freq 下的恰当的占空比。

[0093] 接着, 就表 1 所示的条件下的 Rf_c 、 Rate_1 、 Rate_2 的各自的测定方法进行说明。

[0094] Rf_c 通过如下方式来求解: 使有具有含有氮原子和硅原子的膜的晶片 (以下称之为虚设晶片: Dummy wafer), 探求在虚设晶片表面上不堆积反应性生物、且虚设晶片表面上的蚀刻不进展这样的连续的高频偏压功率。

[0095] 接着, 就 Rate_1 以及 Rate_2 的测定方法进行说明。

[0096] 首先, 准备 3 枚虚设晶片, 并对第 1 枚虚设晶片使用将高频偏压功率设为任意 Rf_1 的处理条件以规定时间蚀刻虚设晶片。这里, 规定时间是指虚设晶片表面的被蚀刻膜大约残留某一程度的蚀刻处理时间。

[0097] 接着, 在将蚀刻后的第 1 枚虚设晶片载置于试料台 1 的状态下, 按表 4 所示的条件进行等离子体清洗, 并基于等离子体清洗的发光数据的推移来计算在此等离子体清洗中除去堆积于处理室 2 内壁的堆积物的时间。将这一计算出的除去堆积于处理室 2 内壁的堆积物的时间设为第一等离子体清洗时间。

[0098] 【表 4】

[0099] 等离子体清洗条件

[0100]

O ₂ 气体	30ml/min
SF ₆ 气体	200ml/min
处理压力	1.0Pa
微波功率	1000W

高频偏压功率	0W
--------	----

[0101] 接着,对第 2 枚虚设晶片使用设高频偏压功率为 0W 的处理条件,以与第 1 枚虚设晶片相同的时间进行蚀刻。

[0102] 接着,在将蚀刻后的第 2 枚虚设晶片载置于试料台 1 的状态下,按表 4 所示的条件进行等离子体清洗,并基于等离子体清洗的发光数据的推移来计算在此等离子体清洗中除去堆积于处理室 2 内壁的堆积物的时间。将这一计算出的除去堆积于处理室 2 内壁的堆积物的时间设为第二等离子体清洗时间。

[0103] 接着,对第 3 枚虚设晶片使用设高频偏压功率为 0W 的处理条件,以与第 1 枚虚设晶片相同的时间进行蚀刻。在第 3 枚虚设晶片的蚀刻中,堆积于处理室 2 内壁的堆积膜的厚度取与堆积于第 3 枚虚设晶片表面的堆积膜相同的厚度,用光学式膜厚测定器测定堆积于第 3 枚虚设晶片表面的堆积膜的膜厚,并用第 3 枚虚设晶片的蚀刻时间除测定后的堆积膜的膜厚的值就是 $Rate_2$ 。

[0104] 接着,由于第 1 枚虚设晶片蚀刻后的等离子体清洗和第 2 枚虚设晶片蚀刻后的等离子体清洗是同一条件,所以对第 1 枚虚设晶片进行了蚀刻时的堆积于处理室 2 内壁的堆积膜厚度和对第 2 枚虚设晶片进行了蚀刻时的堆积于处理室 2 内壁的堆积膜厚度之比,就与第一等离子体清洗时间和第二等离子体清洗时间之比相同,所以就能够在以下所示的 (3) 式来求解 $Rate_1$ 。

[0105] 【数学公式 3】

[0106]

$$Rate_1 = Rate_2 \times \frac{\text{第一等离子体清洗时间}}{\text{第二等离子体清洗时间}}$$

[0107] 在表 5 中表示通过上述的测定方法所求出的在表 1 所示的条件下将第一期间的高频偏压功率设为任意 Rf_1 时的 Rf_c 、 $Rate_1$ 、 $Rate_2$ 的各自的测定结果。

[0108] 【表 5】

[0109] 表 1 条件下的 Rf_c 、 $Rate_1$ 、 $Rate_2$ 的测定结果

[0110]

Rf_c	20W
$Rate_1$	$0.32 + 1.26 \times 10^{-2} \times Rf_1 - 8.5 \times 10^{-6} \times Rf_1^2 \text{ nm/sec}$
$Rate_2$	0.32nm/sec

[0111] 通过将表 5 所示的 Rf_c 、 $Rate_1$ 、 $Rate_2$ 的各自的测定结果代入 (1) 式、(2) 式,就能够得到以下的 (4) 式、(5) 式。

[0112] 【数学公式 4】

[0113]

$$\frac{20}{Rf_1} \leq \text{占空比} \leq \frac{2.88}{3.2 + 1.26 \times 10^{-2} \times Rf_1 - 8.5 \times 10^{-6} \times Rf_1^2}$$

[0114] 【数学公式 5】

[0115]

$$\frac{20}{Rf_1} \leq \text{占空比} \leq \frac{\text{freq}}{0.32 + 1.26 \times 10^{-2} \times Rf_1 - 8.5 \times 10^{-6} \times Rf_1^2}$$

[0116] 在表 6 到表 8 中表示在表 1 条件下将第一期间和第二期间的重复频率分别设为 1Hz、10Hz、100Hz 时相对于异物容许的占空比依赖性数据的实验值和满足 (4) 式以及 (5) 式的占空比计算值的比较结果。另外,表 6 到表 8 中的“○”表示可以进行垂直形状的蚀刻且异物数为容许范围,“×”表示不可容许异物,“-”表示不可蚀刻。

[0117] 【表 6】

[0118] 重复频率 1Hz 时的实验值和计算值的比较结果

[0119]

第一期间的高频偏压功率	占空比							
	5%		10%		25%		50%	
	实验值	计算值	实验值	计算值	实验值	计算值	实验值	实验值
10W	—	—	—	—	—	—	—	—
20W	—	—	—	—	—	—	—	—
40W	—	—	—	—	—	—	—	—
70W	—	—	—	—	—	—	○	○
100W	—	—	—	—	○	○	○	○
200W	—	—	—	—	○	○	×	×
400W	—	—	○	○	×	×	×	×

[0120] 【表 7】

[0121] 重复频率 10Hz 时的实验值和计算值的比较结果

[0122]

第一期间的高频偏压功率	占空比							
	5%		10%		25%		50%	
	实验值	计算值	实验值	计算值	实验值	计算值	实验值	实验值
10W	—	—	—	—	—	—	—	—
20W	—	—	—	—	—	—	—	—
40W	—	—	—	—	—	—	—	—
70W	—	—	—	—	—	—	○	○
100W	—	—	—	—	○	○	○	○
200W	—	—	—	—	○	○	○	○
400W	—	—	○	○	○	○	×	×

[0123] 【表 8】

[0124] 重复频率 100Hz 时的实验值和计算值的比较结果

[0125]

第一期间的高频偏压功率	占空比							
	5%		10%		25%		50%	
	实验值	计算值	实验值	计算值	实验值	计算值	实验值	实验值
10W	—	—	—	—	—	—	—	—
20W	—	—	—	—	—	—	—	—
40W	—	—	—	—	—	—	—	—
70W	—	—	—	—	—	—	○	○
100W	—	—	—	—	○	○	○	○
200W	—	—	—	—	○	○	○	○
400W	—	—	○	○	○	○	○	×

[0126] 如表 6 到表 8 所示那样,根据 (4) 式以及 (5) 式计算出的计算值和实验值除第一期间和第二期间的重复频率 100Hz、第一期间的高频偏压功率 400W、占空比 50% 的数据以外均一致。因此,就能够根据 (1) 式以及 (2) 式计算并推定任意第一期间的高频偏压功率 (Rf_1)、任意第二期间的高频偏压功率 (Rf_2)、第一期间和第二期间的任意重复频率 (freq) 下的处理枚数的增加所产生的异物可以抑制的占空比。另外,能够如图 6 所示那样图示例如第一期间和第二期间的重复频率 10Hz 时的、与任意第一期间的高频偏压功率相对的处理枚数的增加所产生的异物可以抑制的占空比的范围。

[0127] 以上,本实施例的发明导出能够计算占空比的数学公式,该占空比是任意第一期间的高频偏压功率 (Rf_1)、任意第二期间的高频偏压功率 (Rf_2)、第一期间和第二期间的任意重复频率 (freq) 下的处理枚数的增加所产生的异物可以抑制的占空比。因此,通过计算满足 (1) 式以及 (2) 式两式的占空比,就能够推定任意第一期间的高频偏压功率 (Rf_1)、任意第二期间的高频偏压功率 (Rf_2)、第一期间和第二期间的任意重复频率 (freq) 下的处理枚数的增加所产生的异物可以抑制的占空比。

[0128] 以上,虽然在实施例 1 到实施例 4 中说明了使用氢氟碳化物气体的氮化硅膜 (含有 N 和 Si 的膜) 的蚀刻例,但本发明还能够应用于使用碳氟化合物气体的氧化硅膜 (SiO_2) 的蚀刻。

[0129] 另外,实施例 1 到实施例 3 中所说明的本发明并不限定于对微波 ECR 等离子蚀刻装置的应用,还能够应用于具备电容耦合方式或者电感耦合方式的等离子体源的等离子蚀刻装置。

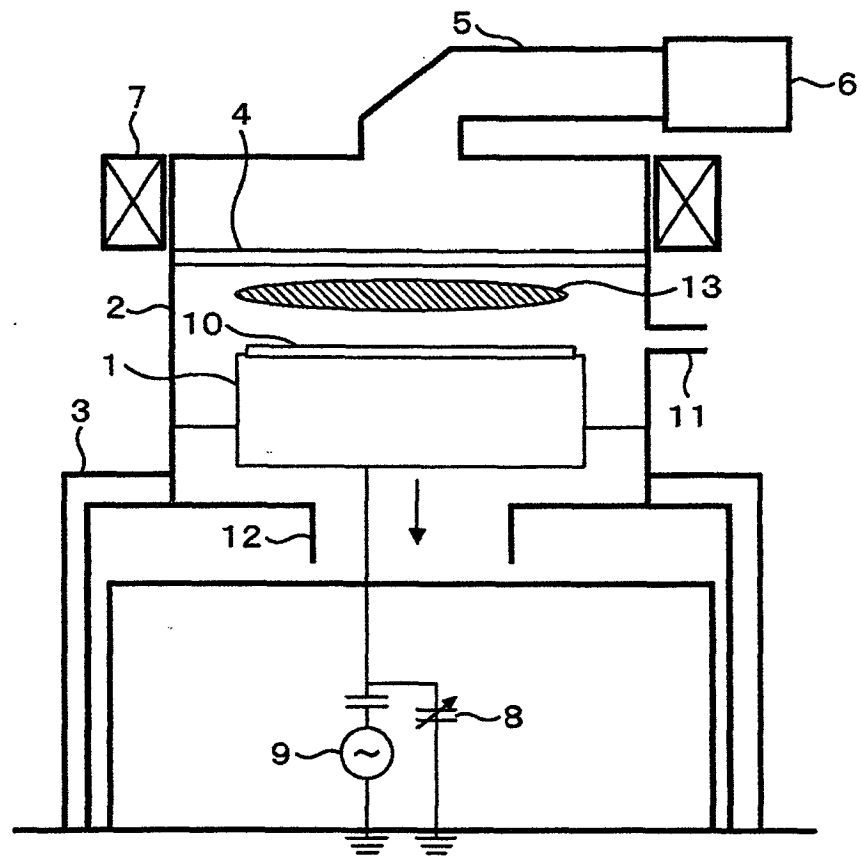


图 1

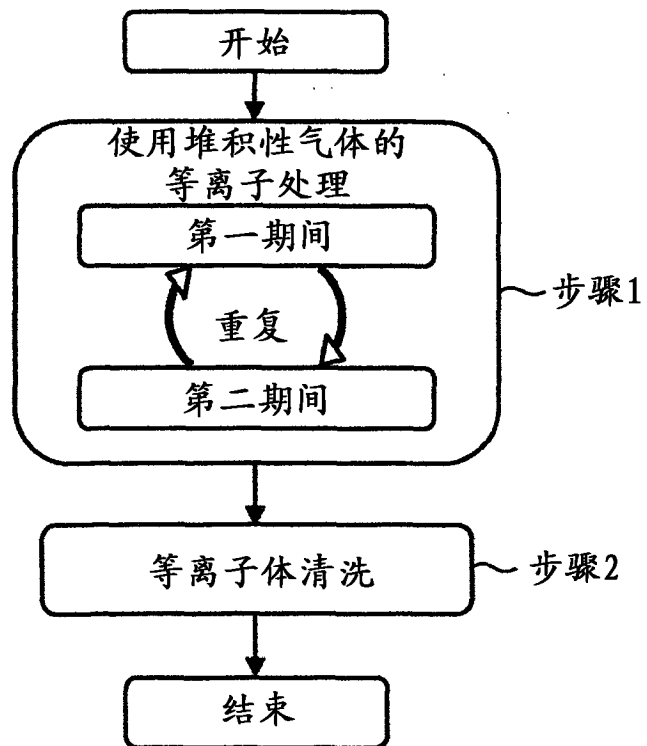


图 2

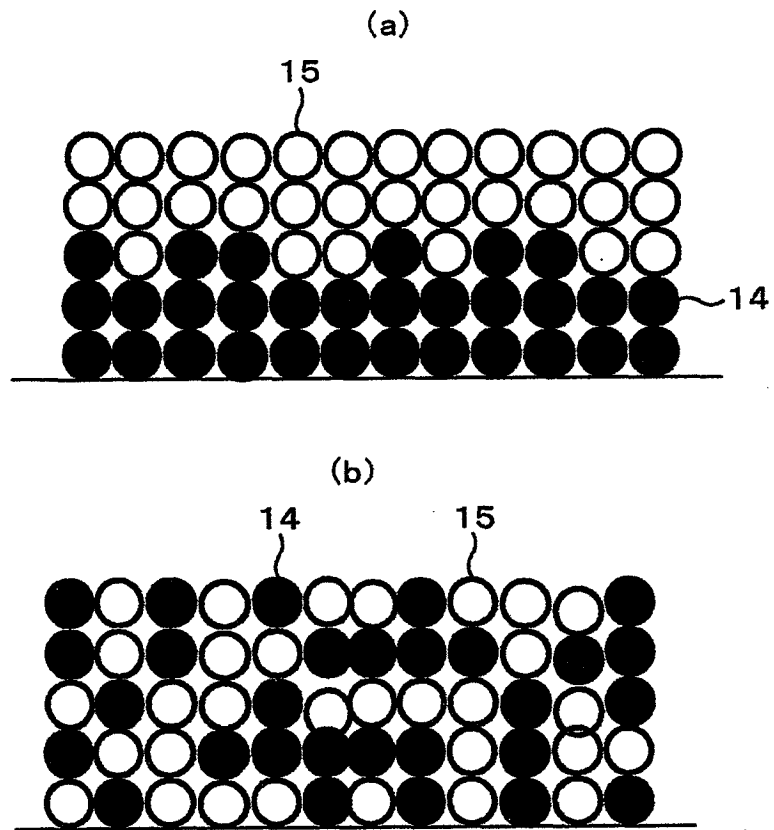


图 3

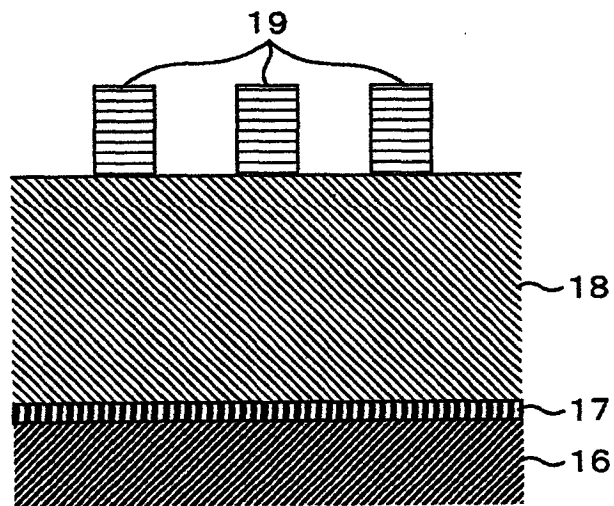


图 4

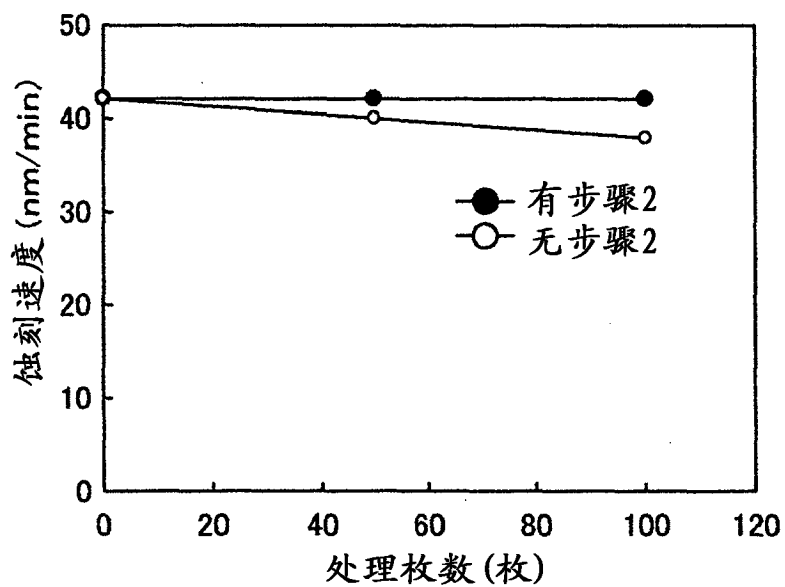


图 5

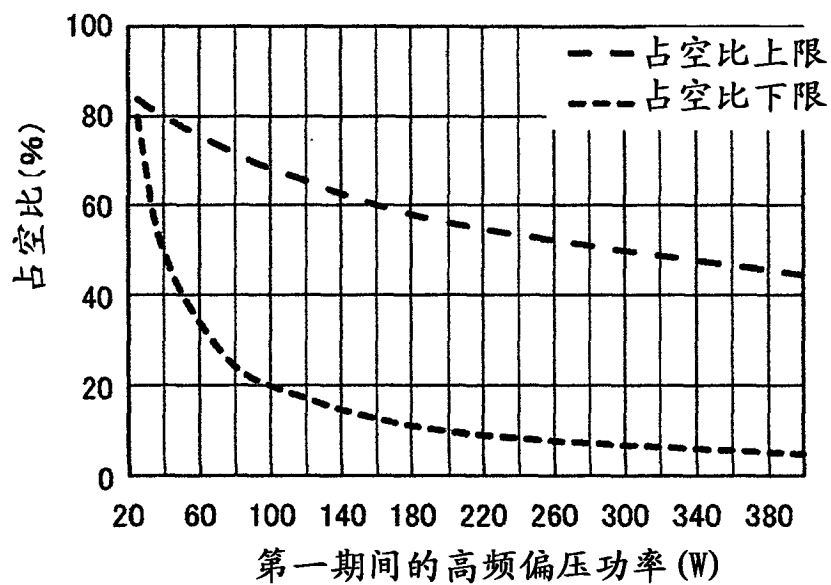


图 6