



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118489149 A

(43) 申请公布日 2024.08.13

(21) 申请号 202280051776.9

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2022.12.13

H01L 21/3065 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.01.23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/045949 2022.12.13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/127535 JA 2024.06.20

(71) 申请人 株式会社日立高新技术

地址 日本东京都

(72) 发明人 中谷侑亮 园田靖 田中基裕

(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

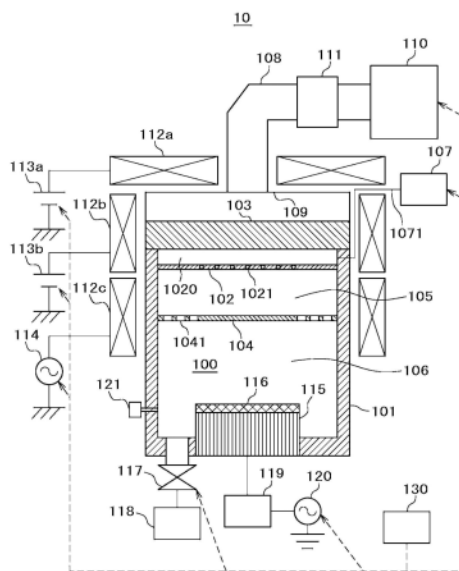
权利要求书1页 说明书13页 附图14页

(54) 发明名称

等离子处理方法

(57) 摘要

本发明提供等离子处理方法,为了能独立控制相同晶片内的图案的疏的部分和密的部分的蚀刻形状并不依赖于图案的疏密地进行均质的蚀刻处理,特征在于,具有使用成为锥形形状的气体进行反应性离子蚀刻的第一工序和进行自由基蚀刻的第二工序,将第一工序和第二工序交替重复给定次,第一工序的时间比第二工序的时间短。



1. 一种等离子处理方法,其特征在于,具有:
第一工序,使用成为锥形形状的气体来进行反应性离子蚀刻;和
第二工序,进行自由基蚀刻,
将所述第一工序和所述第二工序交替重复给定次,
所述第一工序的时间比所述第二工序的时间短。
2. 根据权利要求1所述的等离子处理方法,其特征在于,
所述气体是 NF_3 气体与 HBr 气体的混合气体。
3. 根据权利要求1所述的等离子处理方法,其特征在于,
所述第二工序使用与所述气体相同的气体来生成等离子。
4. 根据权利要求1所述的等离子处理方法,其特征在于,
所述第一工序的时间相对于所述第二工序的时间的比例不足50%。
5. 根据权利要求1所述的等离子处理方法,其特征在于,
通过控制使所述磁场产生的电源,以使通过微波与磁场的相互作用而产生的电子回旋共振的区域的位置周期性地变化到遮蔽离子对载置到样品台的样品的入射的遮蔽板的上方和下方,由此来交替重复所述第一工序和所述第二工序。
6. 根据权利要求5所述的等离子处理方法,其特征在于,
所述气体是 NF_3 气体与 HBr 气体的混合气体。
7. 根据权利要求6所述的等离子处理方法,其特征在于,
所述第一工序的时间相对于所述第二工序的时间的比例不足50%。
8. 根据权利要求1所述的等离子处理方法,其特征在于,
所述气体是混合气体,
构成所述第一工序中的所述混合气体的气体的流量的比例和构成所述第二工序中的所述混合气体的气体的流量的比例不同。

等离子处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及等离子处理方法。

背景技术

[0002] 近年来,通过半导体器件的复杂化、立体化的进化,在相同晶片内,图案的疏的部分和密的部分混合存在,对它们均质地进行蚀刻的要求变强。

[0003] 在现有的RIE(Reactive Ion Etching:反应性离子蚀刻)中,若对图案的密的部分进行用于得到垂直形状的蚀刻,则在疏的部分,由于因被蚀刻面积大而产生的反应生成物多,因此,阻碍蚀刻的效果变大,多成为锥形形状。为了不依赖于图案的疏密达成均质的蚀刻,需要疏密部分的蚀刻形状的独立控制。

[0004] 在专利文献1中,在半导体基板形成槽的蚀刻工序中,提出进行如下工序的技术:在蚀刻刚开始后以蚀刻速率高的条件进行蚀刻的第1工序;和之后以蚀刻速率低的条件进行蚀刻的第2工序。

[0005] 此外,在专利文献2中,提出连续多次重复如下工序的技术:以离子为主体的各向异性蚀刻在基体的蚀刻面形成粗糙的蚀刻工序;和紧接所述工序,对所述基体通过以非沉积性的气体的自由基为主体的各向同性蚀刻来除去通过所述工序而形成的粗糙的工序。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:JP特开2015-153804号公报

[0009] 专利文献2:JP特开平3-93224号公报

发明内容

[0010] 发明要解决的课题

[0011] 为了对相同晶片内的图案的疏的部分和密的部分均质地进行蚀刻,需要疏密部分的蚀刻形状的独立控制。

[0012] 但专利文献1记载的技术虽然抑制疏密图案的蚀刻量的偏差这样的课题相同,但解决手段与本发明不同。

[0013] 此外,专利文献2记载的技术为了兼顾蚀刻后的图案的垂直性和平滑性而重复离子性的蚀刻和自由基性的蚀刻,并未想要独立地控制图案的疏密部分的蚀刻形状。

[0014] 本发明解决上述的现有技术的课题,提供能对相同晶片内的图案的疏的部分和密的部分均质地实施蚀刻处理的等离子处理方法。

[0015] 用于解决课题的手段

[0016] 为了解决上述的课题,在本发明中,具有:第一工序,使用成为锥形形状的气体来进行反应性离子蚀刻;和第二工序,进行自由基蚀刻,将第一工序和第二工序交替重复给定次,第一工序的时间比第二工序的时间短。

[0017] 发明的效果

[0018] 根据本发明,能独立控制相同晶片内的图案的疏的部分和密的部分的蚀刻形状,能对疏密部分均质地进行蚀刻。

附图说明

[0019] 图1是表示本发明的实施例1所涉及的等离子蚀刻装置的概略的纵截面图。

[0020] 图2是表示本发明的实施例1所涉及的等离子蚀刻装置的遮蔽板的俯视图。

[0021] 图3A是表示由本发明的实施例1所涉及的直流线圈电流电源设定成为中心的ECR区域的电流的图。

[0022] 图3B是表示由本发明的实施例1所涉及的直流线圈电流电源设定成为中心的ECR区域的电流的图。

[0023] 图4A是表示将图3A的ECR区域设为初始设定位置来使ECR区域相对于离子遮蔽板上下移动的交流线圈电流电源的电流的图。

[0024] 图4B是表示将图3B的ECR区域设为初始设定位置来使ECR区域相对于离子遮蔽板上下移动的交流线圈电流电源的电流的图。

[0025] 图5是表示能通过本发明的实施例1所涉及的RIE时间比率的控制来独立控制疏密部分的蚀刻形状的蚀刻形状的概略图。

[0026] 图6是表示能通过本发明的实施例1所涉及的RIE时间比率的控制使疏密部分的锥角一致的图表。

[0027] 图7是表示本发明的实施例1所涉及的等离子蚀刻方法的处理的流程的流程图。

[0028] 图8是表示本发明的实施例1的变形例所涉及的等离子蚀刻装置的概略的纵截面图。

[0029] 图9A是表示由本发明的实施例1的变形例所涉及的直流线圈电流电源设定与可变频率电磁波产生用电源的中心频率对应的ECR区域的电流的图。

[0030] 图9B是表示由本发明的实施例1的变形例所涉及的直流线圈电流电源设定与可变频率电磁波产生用电源的中心频率对应的ECR区域的电流的图。

[0031] 图10A是表示通过以图9A中设定的中心频率的ECR区域为中心改变可变频率电磁波产生用电源的频率来使ECR区域相对于离子遮蔽板上下移动的交流线圈电流电源的电流的图。

[0032] 图10B是表示通过以图9B中设定的中心频率的ECR区域为中心改变可变频率电磁波产生用电源的频率来使ECR区域相对于离子遮蔽板上下移动的交流线圈电流电源的电流的图。

[0033] 图11是表示本发明的实施例2所涉及的等离子蚀刻装置的概略的纵截面图。

[0034] 图12是表示本发明的实施例2所涉及的等离子蚀刻方法的处理的流程的流程图。

具体实施方式

[0035] 本发明中,离子处理装置具备气体系统,在RIE中蚀刻成锥形形状,在利用同气体系统遮蔽了离子的自由基蚀刻中也进展蚀刻,通过使用该等离子处理装置控制基于RIE的处理和基于自由基蚀刻的处理的同时重复执行,能对相同晶片内的图案的疏密部分均质地进行蚀刻。

[0036] 此外,本发明中,等离子处理装置具备气体系统,在RIE中蚀刻成锥形形状,在利用同气体系统遮蔽了离子的自由基蚀刻中也进展蚀刻,通过使用该等离子处理装置控制RIE时间比率(RIE的处理时间相对于RIE与自由基蚀刻的合计处理时间的比率)以使得得到所期望的蚀刻形状,且将RIE和自由基蚀刻重复给定的次数,能独立控制相同晶片内的图案的疏的部分和密的部分的蚀刻形状,能对疏密部分均质地进行蚀刻。

[0037] 以下,基于附图来详细说明本发明的实施方式。在用于说明本实施方式的全部图中,对具有相同功能的要素标注相同的附图标记,原则上省略其重复的说明。

[0038] 但本发明并不限于以下所示的实施方式的记载内容进行解释。只要是本领域技术人员就会容易地理解,能在不脱离本发明的思想或主旨的范围内变更其具体的结构。

[0039] 【实施例1】

[0040] 图1是表示本实施例所涉及的等离子处理装置的整体结构的概略的纵截面图。图1所示的等离子处理装置10具有在真空容器101的内部形成的处理室100。在真空容器101的上部设置用于对真空容器101内的处理室100导入蚀刻气体的簇射板102、和用于将处理室100的上部气密密封的电介质窗103、和离子遮蔽板104,构成处理室100。

[0041] 在簇射板102与电介质窗103之间的区域1020经过气体供给管1071而连接气体供给装置107,被供给用于进行等离子蚀刻处理的气体。在簇射板102形成有多个用于使供给到区域1020的气体通到处理室100一侧的小径的孔1021。此外,在真空容器101经由压力调整阀117连接真空排气装置118,控制处理室100的压力。处理室100的压力用压力计121来测量。

[0042] 为了将用于生成离子的电力传输到处理室100,在电介质窗103的上方设置辐射电磁波的波导管108(或天线)。对波导管108(或天线)经过电磁波匹配器111而传输从电磁波产生用电源(也称作高频电源)110振荡的电磁波。在该实施例1中,从电磁波产生用电源110输出的高频电流的频率被设为固定的频率。为了通过从波导管108传播来的电磁波使得在处理室100内形成特定的模式的驻波而配置空腔谐振器109。电磁波的频率并没有特别限定,在本实施例中,设为2.45GHz的微波。

[0043] 在处理室100的外周部设有磁场产生线圈112a、112b以及112c,为了控制其电流而在磁场产生线圈112a以及112b连接直流线圈电流电源113a以及113b,在磁场产生线圈112c连接交流线圈电流电源114。磁场产生线圈112a以及112b通过从直流线圈电流电源113a以及113b输出的直流电流而驱动,磁场产生线圈112c通过从交流线圈电流电源114输出的交流电流而驱动。

[0044] 能将磁场产生线圈112、直流线圈电流电源113a以及113b、以及交流线圈电流电源114称作磁场形成机构。能将磁场产生线圈112a以及112b称作第1线圈,将磁场产生线圈112c称作第2线圈。

[0045] 由电磁波产生用电源110振荡的电力通过与由磁场产生线圈112形成的磁场的电子回旋共振(ECR:Electron Cyclotron Resonance)来在处理室100内生成等离子。

[0046] 此外,在与离子遮蔽板104对置的处理室100下部设置有兼作样品(半导体基板)116的载置台(也称作样品台)的基板电极115。在基板电极115经由高频匹配器119连接高频电源120。通过从与基板电极115连接的高频电源120供给高频电力,一般在基板电极115上产生被称作自偏压的负的电压,利用自偏压加速等离子中的离子,使其垂直入射到载置于

基板电极115的样品116,由此对样品116进行蚀刻处理。

[0047] 离子遮蔽板104将处理室100的内部空间分割成上下的区域。在此,在该说明书中,将处理室100的内部空间中比离子遮蔽板104更上侧的与簇射板102之间的区域称作第1区域或自由基区域105,将比离子遮蔽板104更下侧的设置基板电极115一侧的区域称作第2区域或RIE区域106。磁场产生线圈112a以及112b配置在比离子遮蔽板104更上侧。磁场产生线圈112c配置于磁场产生线圈112a以及112b的下侧,且配置于离子遮蔽板104的近旁。

[0048] 此外,如图2所示那样,在离子遮蔽板104,在外周部均一地配置相同孔径的贯通孔1041。本实施方式中所谓“均一”,是指在描绘多个直径的差相等的同心圆(包含半径为零的情况)时,将在各个同心圆的圆周上具有中心点的贯通孔1041在周向上以相等的间距配置。

[0049] 在使得在自由基区域105生成等离子体的情况下,等离子体中产生的离子被离子遮蔽板104封闭在自由基区域105。另一方面,等离子体中产生的自由基在自由基区域105的内部扩散,其一部分经过离子遮蔽板104的贯通孔1041而到达RIE区域106。

[0050] 为了引起2.45GHz的电磁波和ECR来生成等离子体,需要0.0875T(特斯拉)的磁通密度的磁场。将处理室100内的磁通密度成为0.0875T的区域称作ECR区域的位置。为了使该强的磁场产生,磁场产生线圈112使用具有100~1000mH的自感的磁场产生线圈,直流线圈电流电源113a以及113b、以及交流线圈电流电源114能供给10~60A程度的电流。通过控制从多个直流线圈电流电源113a、113b以及交流线圈电流电源114向分别与之连接的磁场产生线圈112a到112c供给的电流值,来精密地控制处理室100内的ECR区域的位置,能使相对于样品116的等离子体生成位置移动。

[0051] 此外,由于磁场产生线圈112a以及112b位于比离子遮蔽板104更上侧,因此,关于由这些磁场产生线圈112a以及112b做出的磁场强度,使得靠近磁场产生线圈112a以及112b的自由基区域105比RIE区域106更强。这是因为,在希望使电磁波传播至生成等离子体的ECR区域的情况下,设定成从电磁波的入射方向去往ECR区域而磁场变弱为好。这是因为,在从ECR区域来观察时的波导管108的方向、即从RIE区域106来观察时自由基区域105的方向上磁场变强。

[0052] 如前述那样,处理室100在簇射板102与样品116的载置台即基板电极115之间具备离子遮蔽板104,分成比离子遮蔽板104更上侧的自由基区域105和比离子遮蔽板104更下侧的RIE区域106这2个区域。

[0053] 在自由基区域105内设定ECR区域的位置并生成等离子体的情况下,由于在样品116与等离子体之间有离子遮蔽板104,因此,自由基区域105内的大致中央的区域产生的等离子体中的离子被ECR区域的磁场约束而不扩散地在离子遮蔽板104的中央部附近被遮挡,从而被封闭在自由基区域105的内部。其结果,来自等离子体的离子不会到达位于RIE区域106一侧的样品116。另一方面,自由基区域105内产生的自由基不受ECR区域的磁场的约束而在自由基区域105内扩散,其一部分穿过形成于离子遮蔽板104的周边的大量贯通孔1041,从而将自由基供给到RIE区域106一侧,样品116通过自由基蚀刻(各向同性蚀刻)而进行等离子体处理。

[0054] 另一方面,在RIE区域106内设定ECR区域的位置并生成等离子体的情况下,由于在ECR区域中产生的等离子体与样品116之间没有遮挡物,因此,将来自等离子体的离子和自由基两方供给到样品116,样品116通过RIE(各向异性蚀刻)进行等离子体处理。

[0055] 控制部130与气体供给装置107、压力调整阀117、电磁波产生用电源110、直流线圈

电流电源113a以及113b、交流线圈电流电源114以及高频电源120连接,配合工艺条件来控制等离子处理装置10。在由多个等离子处理步骤构成的工艺条件的情况下,通过控制部130配合各处理步骤依次控制各装置参数,来进行样品116的蚀刻处理。此外,对控制部130发送与用压力计121测量的处理室100的内部的压力相关的信息,将其用在由多个等离子处理步骤构成的工艺条件的控制中。

[0056] 在本实施例中,在将ECR区域的位置带到离子遮蔽板104的上侧的自由基区域105的情况下,主要将自由基供给到样品116,在将ECR区域的位置带到离子遮蔽板104的下侧的RIE区域106的情况下,自由基和离子都供给到样品116,通过利用这一现象在这2个区域间周期性地设定ECR区域的位置,来进行控制了供给到样品116的离子和自由基的量的反应性离子蚀刻。

[0057] 在通常的RIE中,针对100%的时间在相当于RIE区域106的区域生成等离子。与此相对,通过如本实施例那样切换进行RIE区域106中的等离子生成和自由基区域105中的等离子生成,除了对样品116一起供给离子和自由基的时间以外,还能形成主要供给自由基的时间。通过周期性地,在RIE区域106和自由基区域105切换生成等离子区域,作为整体,能进行降低了供给到样品116的离子的量、提高了自由基的量的RIE。

[0058] 此外,由于在RIE区域106中生成等离子,因此,供给到样品116的离子量与对RIE区域106设定的时间相对于1周期的时间的比例成正比,其中,该1周期是使ECR区域的位置夹着离子遮蔽板104在自由基区域105与RIE区域106之间周期性切换的1周期。

[0059] 若使将切换ECR的区域的1周期的时间中的ECR区域的位置设定在RIE区域106的时间的比例增加,则入射到样品116的离子的比率上升,若使将ECR区域的位置设定在自由基区域105的时间的比例增加,则入射到样品116的自由基的比率上升。由此,通过改变将ECR区域的位置设定于切换ECR的区域的1周期当中的RIE区域106的时间与将ECR区域的位置设定于自由基区域105的时间的比率,能改变入射到样品116的离子和自由基的量。

[0060] 为了进行在自由基区域105与RIE区域106之间周期性地使ECR区域的位置变化的控制,并且为了使将ECR区域的位置设定在自由基区域105和RIE区域106的时间的比变化,通过从直流线圈电流电源(也称作直流电源)113a、113b输出并对磁场产生线圈112a以及112b施加的直流电流来设定成为ECR区域的中心的位置,通过从交流线圈电流电源(也称作交流电源)114输出并对磁场产生线圈112c施加的交流电流来使ECR区域的位置上下移动,由此来进行。

[0061] 在图1的等离子处理装置10中,对于直流线圈电流电源113a以及113b和交流线圈电流电源114这2种类的线圈电流电源,仅最靠近离子遮蔽板104的磁场产生线圈112c与交流线圈电流电源114连接,使比磁场产生线圈112c更远离离子遮蔽板104的磁场产生线圈112a以及112b与直流线圈电流电源113a以及113b连接。

[0062] 这利用了如下特性:由于由线圈产生的磁场越接近该线圈则越强,因此,最接近离子遮蔽板104附近的磁场强度的磁场产生线圈112c的电流的效果大。在希望基于该特性来使ECR区域相对于离子遮蔽板104上下移动的情况下,为了使离子遮蔽板104附近的磁场强度变化,只要使距离离子遮蔽板104最近的磁场产生线圈112c的电流变化即可。

[0063] 在图3A、图3B示出在来自交流线圈电流电源114的输出为零的状态下由直流线圈

电流电源113a、113b设定ECR区域的位置的示例。另外,在此,还能将ECR区域的位置视作成为ECR区域的中心的位置。

[0064] 由于由磁场产生线圈112a以及112b做出的磁场随着从自由基区域105去往RIE区域106而变弱,此外,在真空容器101(或者处理室100)的上部做出比ECR区域的磁场强度强的磁场,因此,电流越大,则ECR区域越向真空容器101(或者处理室100)的下方移动。

[0065] 因此,如图3A那样,在直流线圈电流电源113a以及113b的电流小的情况下(I_{aL} 、 I_{bL})做出的ECR区域的位置200位于比离子遮蔽板104更上侧的自由基区域105。

[0066] 另一方面,如图3B所示那样,在直流线圈电流电源113a以及113b的电流大的情况下($I_{aH} > I_{aL}$ 、 $I_{bH} > I_{bL}$)做出的ECR区域的位置200位于比离子遮蔽板104更下侧的RIE区域106。

[0067] 在图4A、图4B中示出通过在磁场产生线圈112c流过的交流电流 I_{cac} 来使ECR区域相对于在磁场产生线圈112a流过电流 I_{aL} 且在磁场产生线圈112b流过电流 I_{bL} 而初始设定的ECR区域的位置200上下移动的示例。

[0068] 在图4A、图4B中,示出ECR区域的位置200的上限U和下限L、以及离子遮蔽板104的位置和与这些位置对应的各电流值(I_U (与上限U对应)、 I_L (与下限L对应)、 I_P (与离子遮蔽板104的位置对应))。

[0069] 通过调整交流线圈电流电源114,在流过磁场产生线圈112c的交流电流 I_{cac} 为正时,能使ECR区域的位置在真空容器101(或者处理室100)的内部向离子遮蔽板104的下方移动,在负时,能使ECR区域的位置向离子遮蔽板104的上方移动。

[0070] 如图4A所示那样,在通过直流线圈电流电源113a在磁场产生线圈112a流过比较弱的电流 I_{aL} 且通过直流线圈电流电源113b在磁场产生线圈112b流过比较弱的电流 I_{bL} 的状态下通过在磁场产生线圈112c流过交流电流 I_{cac} 来使ECR区域的位置200变化的情况下,在交流电流 I_{cac} 的1周期的期间中,ECR区域的位置200位于自由基区域105的时间变得比位于RIE区域106的时间长。

[0071] 另一方面,如图4B所示那样,在通过直流线圈电流电源113a在磁场产生线圈112a流过比较强的电流 I_{aH} ($I_{aH} > I_{aL}$)且通过直流线圈电流电源113b在磁场产生线圈112b流过比较强的电流 I_{bH} ($I_{bH} > I_{bL}$)的状态下通过在磁场产生线圈112c流过交流电流 I_{cac} 来使ECR区域的位置200变化的情况下,在交流电流 I_{cac} 的1周期的期间中,ECR区域的位置200位于RIE区域106的时间变得比位于自由基区域105的时间长。位于自由基区域105的时间变得比位于RIE区域106的时间长。

[0072] 因此,在控制部130中进行控制,使通过直流线圈电流电源113a而流过磁场产生线圈112a的电流和通过直流线圈电流电源113b而流过磁场产生线圈112b的电流与流过磁场产生线圈112c的交流电流 I_{cac} 的周期同步地在1周期期间在 I_{aL} 与 I_{aH} 之间、 I_{bL} 与 I_{bH} 之间分别进行切换,由此,与不切换各个直流电流的情况相比,能使ECR区域的位置200周期性地自由在自由基区域105与RIE区域106之间更加效率良好(在比较的短时间内)地移动。

[0073] 即,通过在控制部130中控制直流线圈电流电源113a和113b以及交流电源114,能使通过微波与磁场的相互作用而产生的ECR区域的位置200周期性变化,能在通过交流线圈电流电源114而流过磁场产生线圈112c的交流电流 I_{cac} 的一周期期间,使ECR区域的位置200在离子遮蔽板104的上方的自由基区域105与离子遮蔽板104的下方的RIE区域106之间

移动。

[0074] 在本实施例中,将自由基蚀刻的期间和RIE的期间重复给定的次数,其中,在该由基蚀刻的期间中,使用控制部130调整磁场,以使得等离子生成区域位于离子遮蔽板104与簇射板102之间的自由基区域105,凭借以仅基于自由基的表面反应为主体的各向同性蚀刻来对样品116进行蚀刻,在RIE的期间中,调整磁场,以使得等离子生成区域位于离子遮蔽板104与样品116之间的RIE区域106,凭借利用了离子和自由基两方的各向异性蚀刻来对样品116在垂直方向上进行蚀刻。

[0075] 另外,这时,在处理室100内为了等离子生成而导入 NF_3/HBr 的混合气体。在使用该混合气体的情况下,特征在于,形成于样品116的表面的图案在RIE中蚀刻成锥形形状,在利用同气体系统遮蔽了离子的自由基蚀刻中蚀刻也进展。

[0076] 图5是表示能通过本实施例所涉及的RIE时间比率的控制来独立控制疏密部分的蚀刻形状的蚀刻形状的概略图。

[0077] 如图5的(a)所示那样,图案的密的部分532的蚀刻形状即使使RIE时间比率从25%变化至100%,也几乎不发生变化,但如图5的(b)所示那样,图案的疏的部分533的蚀刻形状通过使RIE时间比率从25%变化至100%而大幅变化。

[0078] 由此可知,通过控制RIE时间比率,能独立控制图案疏的部分和图案密的部分的蚀刻形状。

[0079] 图6是表示能通过本实施例所涉及的RIE时间比率的控制使疏密部分的锥角一致的图表。601表示图5的图案的密的部分532中的图案的锥角的RIE时间比率依赖性,602表示与图5的图案的疏的部分533对应的疏图案的锥角的RIE时间比率依赖性。

[0080] 从图5的概略图测量锥角,在图6中表征为图表。可知,图案的密的部分的锥角601即使使RIE时间比率变化也几乎不发生变化,但图案的疏的部分的锥角602通过降低RIE时间比率而接近于90度即垂直的形状,接近于图案的密的部分的锥角601。

[0081] 从图6可知,为了使图案的疏的部分和密的部分的蚀刻后的锥角一致,RIE时间比率期望不足50%。即,期望在控制部130中控制电磁波产生用电源110、直流线圈电流电源113a以及113b、交流线圈电流电源114,将RIE时间比率(RIE的处理时间相对于RIE与自由基蚀刻的合计处理时间的比率)控制成RIE比自由基蚀刻短且不足50%,以使得能得到所期望的蚀刻形状。

[0082] 接着,使用图7的流程图来说明利用了等离子处理装置10的等离子处理方法。

[0083] 首先,为了在半导体基板的表面形成GAA(Gate All Around,全环绕栅极)构造,实施如下工序:将作为样品的样品116载置于处理室100内的基板电极115(S701)。

[0084] 接下来,实施如下工序:通过压力调整阀117以及真空排气装置118来控制处理室100的压力(S702)。

[0085] 接下来,实施如下工序:使将用于进行等离子蚀刻处理的多个气体混合而生成的蚀刻气体从气体供给装置107经过气体供给管1071而供给到处理室100的簇射板102与电介质窗103之间的区域(S703)。

[0086] 接下来,使电磁波产生用电源110、直流线圈电流电源113a以及113b、交流线圈电流电源114动作,如图3A所示那样,将ECR区域的位置200设定在相对于离子遮蔽板104为上侧的自由基区域105,并在自由基区域105内生成等离子第1给定的时间(S704)。将在该状态

下在自由基区域105产生的自由基经过形成于离子遮蔽板104的周边的大量贯通孔1041供给到RIE区域106一侧,对样品116通过自由基蚀刻(各向同性蚀刻)来进行等离子处理。

[0087] 接下来,使电磁波产生用电源110、直流线圈电流电源113a以及113b、交流线圈电流电源114动作,如图3B所示那样,将ECR区域的位置200设定在相对于离子遮蔽板104为下侧的RIE区域106,在RIE区域106内生成等离子第2给定的时间(S705)。由于在ECR区域中产生的等离子与样品116之间没有遮挡物,因此,将来自等离子的离子和自由基两方供给到样品116,样品116通过RIE(各向异性蚀刻)来进行等离子处理。

[0088] 将该S704的步骤的处理和S705的步骤的处理交替重复给定的次数(S706)。

[0089] 在将S704的步骤的处理和S705的步骤的处理交替重复给定的次数后(S706“是”),停止电磁波产生用电源110、直流线圈电流电源113a以及113b、交流线圈电流电源114的动作,并停止从气体供给装置107的蚀刻气体的供给(S707)。

[0090] 接下来,将载置于基板电极115的样品116取出(S708),结束一系列处理。

[0091] 另外,在S704的自由基蚀刻(各向同性蚀刻)的工序和S705的RIE(各向异性蚀刻)的工序中,可以在控制部130中进行控制,来将从电磁波产生用电源110供给的高频电力转换成适于各个工艺的值。

[0092] 根据本实施例,能得到以下那样的效果。

[0093] 1) 能利用一台等离子处理装置10来实现供给离子和自由基的各向异性蚀刻加工和仅供给自由基的各向同性蚀刻加工两方。

[0094] 2) 在供给离子和自由基的各向异性蚀刻加工中,能提供能更直接地控制离子与自由基的密度的比的技术。

[0095] 3) 在供给自由基和离子来进行加工的各向异性蚀刻中,由于能高精度地控制供给到样品(半导体基板)的表面的自由基密度,因此,能提供高精度的等离子蚀刻技术。

[0096] 4) 能独立控制相同晶片内的图案的疏的部分和密的部分的蚀刻形状,能对图案的疏密的部分均匀地进行蚀刻。

[0097] 在本实施例中,设为3个磁场产生线圈112a、112b以及112c,但并不限于该数。在有多组磁场产生线圈的情况下,从靠近离子遮蔽板104的磁场产生线圈起依次连接交流的线圈电流电源,在剩余的磁场产生线圈连接直流的线圈电流电源即可。

[0098] 一般,在使用高频的电源改变等离子处理室内的磁场的情况下,在等离子中流过高频的感应电流,有可能会通过该感应电流而生成维持等离子的生成的感应耦合等离子。在该情况下,由于生成与基于ECR的等离子的生成不同的等离子,因此,不再能进行经过ECR区域位置的控制而进行的等离子生成位置的控制。因此,交流线圈电流电源的频率优选使用1kHz以下的频率,以使得不生成感应耦合等离子。

[0099] 此外在,图4A、图4B中,交流线圈电流电源114的输出图示了正弦波,但并不限于正弦波。除了正弦波以外,只要是能还输出方形波等周期性变化的波形的交流电源即可。

[0100] [变形例]

[0101] 图8是表示实施例1的变形例所涉及的等离子处理装置11的整体结构的概略的纵截面图。在实施例1中,通过使对磁场产生线圈112a到112c施加的电流变化来控制ECR区域位置的控制,但在本变形例中,通过切换电磁波产生用电源的频率来控制ECR区域位置的控制。

[0102] 对与实施例1中说明的等离子处理装置10相同的结构标注相同的部件编号。本变形例将实施例1中说明的电磁波产生用电源(高频电源)110与可变频率电磁波产生用电源(也称作可变频率高频电源)301进行置换,将实施例1的控制部130置换成控制部230,将实施例1的交流线圈电流电源114置换成直流线圈电流电源113c,从而构成。

[0103] 从可变频率电磁波产生用电源301振荡的电磁波经过电磁波匹配器111而传输,通过从波导管108传播来的电磁波在处理室100的空腔谐振器109内形成特定的模式的驻波。

[0104] 在本变形例中,由可变频率电磁波产生用电源301振荡的可变频率的电磁波的频率范围并没有特别限定,在本变形例中设为1.80GHz到2.45GHz的微波。在处理室100的外周部设置磁场产生线圈112a、112b以及112c,为了控制其电流而在磁场产生线圈112a、112b以及112c分别连接直流线圈电流电源113a、113b以及113c。能将磁场产生线圈112a、112b以及112c和直流线圈电流电源113a、113b以及113c称作磁场形成机构。

[0105] 由可变频率电磁波产生用电源301振荡的电力通过与由磁场产生线圈112a、112b以及112c形成的磁场的电子回旋共振(ECR:Electron Cyclotron Resonance)来在处理室100内生成等离子。

[0106] 为了引起1.80GHz到2.45GHz的电磁波和ECR来生成等离子,需要0.0643T到0.0875T的磁场。将成为引起与处理室100内的各频率对应的共振的磁场强度的区域设为ECR区域。为了使该强的磁场产生,磁场产生线圈112a、112b以及112c使用具有100~1000mH的自感的磁场产生线圈,直流线圈电流电源113a、113b以及113c能供给10~60A程度的电流。

[0107] 通过在控制部230中控制从多个直流线圈电流电源113a到113c向分别与之连接的磁场产生线圈112a、112b以及112c供给的电流值,能精密地控制处理室100内的ECR区域的位置,从而使相对于样品116的等离子生成位置移动。

[0108] 此外,由于磁场产生线圈112a以及112b位于比离子遮蔽板104更上方,因此,关于由这些磁场产生线圈112a以及112b做出的磁场强度,靠近磁场产生线圈112a以及112b的自由基区域105比RIE区域106更强。

[0109] 这是因为,在希望使电磁波传播至生成等离子体的ECR区域的情况下,设定成从电磁波的入射方向去往ECR区域而磁场变弱为好。这是因为,在从ECR区域来观察时的波导管108的方向、即从RIE区域106来观察时的自由基区域105的方向上,磁场变强。

[0110] 如实施例1中也说明的那样,处理室100在簇射板102与样品116之间具备离子遮蔽板104,分成比离子遮蔽板104更上方的自由基区域105和比离子遮蔽板104更下方的RIE区域106这两者。

[0111] 在将ECR区域的位置200设定在自由基区域105内并生成等离子体的情况下,由于在样品116与等离子体之间有离子遮蔽板104,因此,通过离子遮蔽板104的效果,来自等离子体的离子未到达样品116,仅供给自由基,样品116通过自由基蚀刻来进行等离子体处理。

[0112] 在将ECR区域的位置200设定在RIE区域106内并生成等离子体的情况下,由于在等离子体与样品116之间没有遮挡物,因此,将来自等离子体的离子和自由基两方都供给到样品116,样品116通过RIE来进行等离子体处理。

[0113] 控制部230与气体供给装置107、压力调整阀117、可变频率电磁波产生用电源301、直流线圈电流电源113以及高频电源120连接,配合工艺条件来控制等离子体处理装置。在由

多个等离子处理步骤构成的工艺条件的情况下,通过控制部230配合各处理步骤依次控制各装置参数,来进行样品116的蚀刻处理。

[0114] 在本变形例中,在将ECR区域的位置带到离子遮蔽板104的上侧的情况下,仅将自由基供给到样品116,在将ECR区域的位置带到离子遮蔽板104的下侧的情况下,将自由基和离子两方都供给到样品116,通过利用这一点,将ECR区域的位置在这2个区域(105、106)间周期性进行设定,来进行控制了离子与自由基的密度比的反应性离子蚀刻。

[0115] 在通常的RIE中,针对100%的时间在RIE区域106生成等离子。与此相对,通过除了RIE区域106中的等离子生成以外还进行自由基区域105中的等离子生成,除了将离子和自由基都供给到样品116的时间以外,还能做出仅将自由基供给到样品116的时间。

[0116] 通过周期性地在RIE区域106和自由基区域105切换生成等离子区域,作为整体,能进行降低了离子密度、提升了自由基密度比的RIE。此外,由于将离子对样品116仅供给RIE区域106中生成等离子时间,因此,供给到样品116的离子量与周期性切换ECR区域的位置的1周期当中的设定在RIE区域106的时间的比例成正比。

[0117] 若使将ECR区域的位置设定在RIE区域106的时间增加,离子的比率就上升,若使将ECR区域的位置设定在自由基区域105的时间增加,自由基的比率就上升,因此,能通过1周期当中的将ECR区域的位置设定在RIE区域106的时间与将ECR区域的位置设定在自由基区域的时间的比率来改变离子与自由基的密度的比。

[0118] 为了进行周期性的ECR区域的位置的控制,并且为了使将ECR区域的位置设定在自由基区域105和RIE区域106的时间的比变化,在可变频率电磁波产生用电源301的频率范围的中心的频率为例如1.80GHz到2.45GHz的情况下,通过从直流线圈电流电源113a、113b以及113c输出的电流来设定与中心频率2.13GHz对应的ECR区域的位置,通过相对于该磁场改变可变频率电磁波产生用电源301的输出频率,来使ECR区域的位置上下移动,由此来进行。

[0119] 在图9A、图9B示出通过直流线圈电流电源113a、113b以及113c设定与中心频率对应的ECR区域的位置200的示例。另外,在此,还能将ECR区域的位置视作成为ECR区域的中心的位置。

[0120] 由于由磁场产生线圈112a、112b以及112c做出的磁场从自由基区域105去往RIE区域106而变弱,此外,在真空容器101的上部做出,比ECR区域的磁场强度强的磁场,因此,电流越大,ECR区域越向真空容器101的下方移动。

[0121] 因此,在图9A的直流线圈电流电源113a、113b以及113c的各电流小的情况下(I_{aL} 、 I_{bL} 、 I_{cL})做出的ECR区域的位置200位于比离子遮蔽板104更上侧的自由基区域105,在图9B的直流线圈电流电源113a、113b以及113c的电流大的情况下($I_{aH} > I_{aL}$ 、 $I_{bH} > I_{bL}$ 、 $I_{cH} > I_{cL}$)做出的ECR区域的位置200位于比离子遮蔽板104更下侧的RIE区域106。

[0122] 在图10A、图10B中示出通过可变频率电磁波产生用电源301的频率来使ECR区域的位置相对于磁场产生线圈112a、112b以及112c中设定的中心频率的ECR区域的位置200上下移动的示例。

[0123] 在图10A示出ECR区域的位置200的上限U和下限L、以及离子遮蔽板104的位置和与其对应的各频率(f_U 、 f_L 、 f_P)。由于在频率比中心频率 f_c 低的情况下,共振所需的磁场强度也变弱,因此,在频率变低的情况下,ECR区域的位置向真空容器101的下方移动,在变得比中心频率高的情况下,向上方移动。如图10A所示那样,在由直流线圈电流电源113a、113b以

及113c将与中心频率 f_c 对应的ECR区域的位置200设定在自由基区域105的情况下,ECR区域的位置位于自由基区域105的时间变得比位于RIE区域106的时间长。

[0124] 如图10B所示那样,在由直流线圈电流电源113a、113b以及113c将与中心频率 f_c 对应的ECR区域的位置设定在RIE区域106的情况下,位于RIE区域106的时间变得比位于自由基区域105的时间长。

[0125] 通过使可变频率电磁波产生用电源301的频率周期性变化,能不使磁场强度变化,周期性地使ECR区域的位置在自由基区域105和RIE区域106移动。即,通过在控制部230中控制可变频率电磁波产生用电源301,能使通过微波与磁场的相互作用而产生的ECR区域的位置200周期性变化。由此,在一周期期间,能使ECR区域的位置200从离子遮蔽板104的上侧向离子遮蔽板104的下侧移动,或者从离子遮蔽板104的下侧向离子遮蔽板104的上侧移动。

[0126] 利用了本变形例的等离子处理装置11的等离子处理方法由于与实施例1中使用图7说明的处理的流程相同,因此省略其详细的说明。但在本变形例中的S704的在自由基区域生成等离子第1给定的时间的工序和S705的在RIE区域生成等离子第2给定的时间的工序中,通过使可变频率电磁波产生用电源301的频率周期性变化来使ECR区域变化,在这点上与实施例1的情况不同。

[0127] 根据本变形例,在供给离子和自由基的各向异性蚀刻加工中,能提供能更直接地控制离子与自由基的密度比的技术。

[0128] 此外,作为将实施例1中说明的结构和上述说明的变形例中说明的结构组合的方案,在变形例中说明的等离子处理装置11中,也可以设为将直流线圈电流电源113c变更为实施例1中说明的交流线圈电流电源114的结构。在该情况下,在各向异性蚀刻加工中,需要设置可变频率电磁波产生用电源301的频率和交流线圈电流电源114的频率,以使得离子与自由基的密度比成为所期望的值。

[0129] 此外,在变形例中说明的等离子处理装置11中,也可以设为设置可变频率电磁波产生用电源301和实施例1的电磁波产生用电源110两方的结构。在该情况下,在进行各向同性蚀刻时,在图9A所示的结构中,取代可变频率电磁波产生用电源301而使电磁波产生用电源110动作。此外,在进行各向异性蚀刻时,在图9B所示的结构中,取代可变频率电磁波产生用电源301而使电磁波产生用电源110动作。另一方面,在进行高精度地控制了离子与自由基的密度比的各向异性蚀刻的情况下,如图10A、图10B所示那样,使可变频率电磁波产生用电源301动作。

[0130] 由此,能在一台等离子处理装置中实现供给离子和自由基的各向异性蚀刻加工和仅供给自由基的各向同性蚀刻加工两方。

[0131] 【实施例2】

[0132] 使用图11以及图12来说明本发明的第2实施例。

[0133] 在实施例1中,如图7的处理流程图所示那样,能通过切换ECR区域来独立控制形成于样品的表面的图案的疏密部分的蚀刻形状,但在本实施例中,设为除此以外对应于ECR区域的切换而还切换混合气体的混合比的结构。

[0134] 图11所示的本实施例所涉及的等离子处理装置20的结构相对于实施例1中使用图1说明的等离子处理装置10的结构,气体供给装置107的结构和控制部130不同。其他结构由于与实施例1的情况相同,因此分配相同编号,省略其详细的说明。

[0135] 在图11所示的等离子处理装置20的结构中,具备气体供给装置1107和1108,通过在控制装置1130调整从气体供给装置1107和1108供给的气体的混合比,来从气体供给管1171将对应于步骤而调整了混合比的混合气体供给到簇射板102与电介质窗103之间的区域1020。

[0136] 在蚀刻处理中,将ECR区域切换到离子遮蔽板104的上方的自由基区域和比离子遮蔽板104更下方的RIE区域106,从而交替执行以自由基反应为主体的蚀刻处理和利用了离子和自由基的蚀刻处理,这与实施例1或实施例1的变形例的情况同样。

[0137] 在本实施例中,在以自由基反应为主体的蚀刻处理和利用了离子和自由基的蚀刻处理中,切换构成供给到处理室100的混合气体的多个气体(NF_3/HBr 等)的混合比,在这点上与实施例1不同。

[0138] 即,在本实施例中,在控制装置1130中控制气体供给装置1107和1108,对于以自由基反应为主体的蚀刻处理的工序,切换利用了离子和自由基的蚀刻处理的工序中的HBr气体相对于 NF_3 气体的混合比。

[0139] 使用图12来说明本实施例所涉及的蚀刻处理的流程。

[0140] 首先,为了在半导体基板的表面形成GAA构造,实施如下工序:将作为样品的样品116载置于处理室100内的基板电极115(S1201)。

[0141] 接下来,实施如下工序:经由压力调整阀117通过真空排气装置118将处理室100的内部排气,来控制处理室100的压力(S1202)。

[0142] 接下来,实施如下工序:将从气体供给装置1107和1108供给的用于进行等离子蚀刻处理的蚀刻气体在调整成适于自由基蚀刻处理的第1混合比的状态下从气体供给管1171供给到在处理室100的簇射板102与电介质窗103之间的区域(S1203)。

[0143] 接下来,使电磁波产生用电源110、直流线圈电流电源113、交流线圈电流电源114动作,如图3A所示,将ECR区域的位置200设定在相对于离子遮蔽板104为上方的自由基区域105,并在自由基区域105内生成等离子第1给定的时间(S1204)。将在该状态下在自由基区域105产生的自由基经过形成于离子遮蔽板104的周边的大量贯通孔1041而供给到RIE区域106一侧,样品116通过自由基蚀刻(各向同性蚀刻)进行等离子处理。

[0144] 接下来,实施如下工序:将从气体供给装置1107和1108供给的用于进行等离子蚀刻处理的蚀刻气体在调整成适于RIE(各向异性蚀刻)的第2混合比的状态下从气体供给管1171供给到处理室100的簇射板102与电介质窗103之间的区域(S1205)。

[0145] 接下来,使电磁波产生用电源110、直流线圈电流电源113、交流线圈电流电源114动作,如图3B所示那样,将ECR区域的位置200设定在相对于离子遮蔽板104为下方的RIE区域106并在RIE区域106内生成等离子第2给定的时间(S1206)。由于在ECR区域中产生的等离子与样品116之间没有遮挡物,因此,将来自等离子的离子和自由基两方供给到样品116,样品116通过RIE(各向异性蚀刻)进行等离子处理。

[0146] 将该S1203的步骤到S1206的步骤的处理重复给定的次数(S1207)。

[0147] 在将S1203的步骤到S1206的步骤的处理重复给定的次数后(S1207“是”),停止电磁波产生用电源110、直流线圈电流电源113、交流线圈电流电源114的动作,并停止从气体供给装置1107以及1108的蚀刻气体的供给(S1208)。

[0148] 接下来,将载置于基板电极115的样品116取出(S1209),结束一系列处理。

[0149] 另外,在S1204的自由基蚀刻(各向同性蚀刻)的工序和S1206的RIE(各向异性蚀刻)的工序,也可以在控制装置1130中进行控制,来将从电磁波产生用电源110供给的高频电力切换成适于各个工艺的值。

[0150] 根据本实施例,除了实施例1中说明的效果以外,还能独立且效率良好地控制相同晶片内的图案的疏的部分和密的部分的蚀刻形状,能对图案的疏密的部分均匀地进行蚀刻。

[0151] 另外,在本实施例中,还能运用实施例1的变形例中说明那样的结构。

[0152] 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,本发明并不限定于上述的实施例,能进行种种变更,这点不言自明。

[0153] 附图标记的说明

[0154] 10、11、20:等离子处理装置

[0155] 100:处理室

[0156] 101:真空容器

[0157] 102:簇射板

[0158] 103:电介质窗

[0159] 104:离子遮蔽板

[0160] 1041:贯通孔

[0161] 105:自由基区域

[0162] 106:RIE区域

[0163] 107、1107、1108:气体供给装置

[0164] 108:波导管

[0165] 109:空腔谐振器

[0166] 110:电磁波产生用电源

[0167] 111:电磁波匹配器

[0168] 112a、112b、112c:磁场产生线圈

[0169] 113a、113b、113c:直流线圈电流电源

[0170] 114:交流线圈电流电源

[0171] 115:基板电极

[0172] 116:样品

[0173] 117:压力调整阀

[0174] 118:真空排气装置

[0175] 119:高频匹配器

[0176] 120:高频电源

[0177] 130、230:控制部

[0178] 200:ECR区域的位置

[0179] 301:可变频率电磁波产生用电源

[0180] 1071、1171:气体供给管。

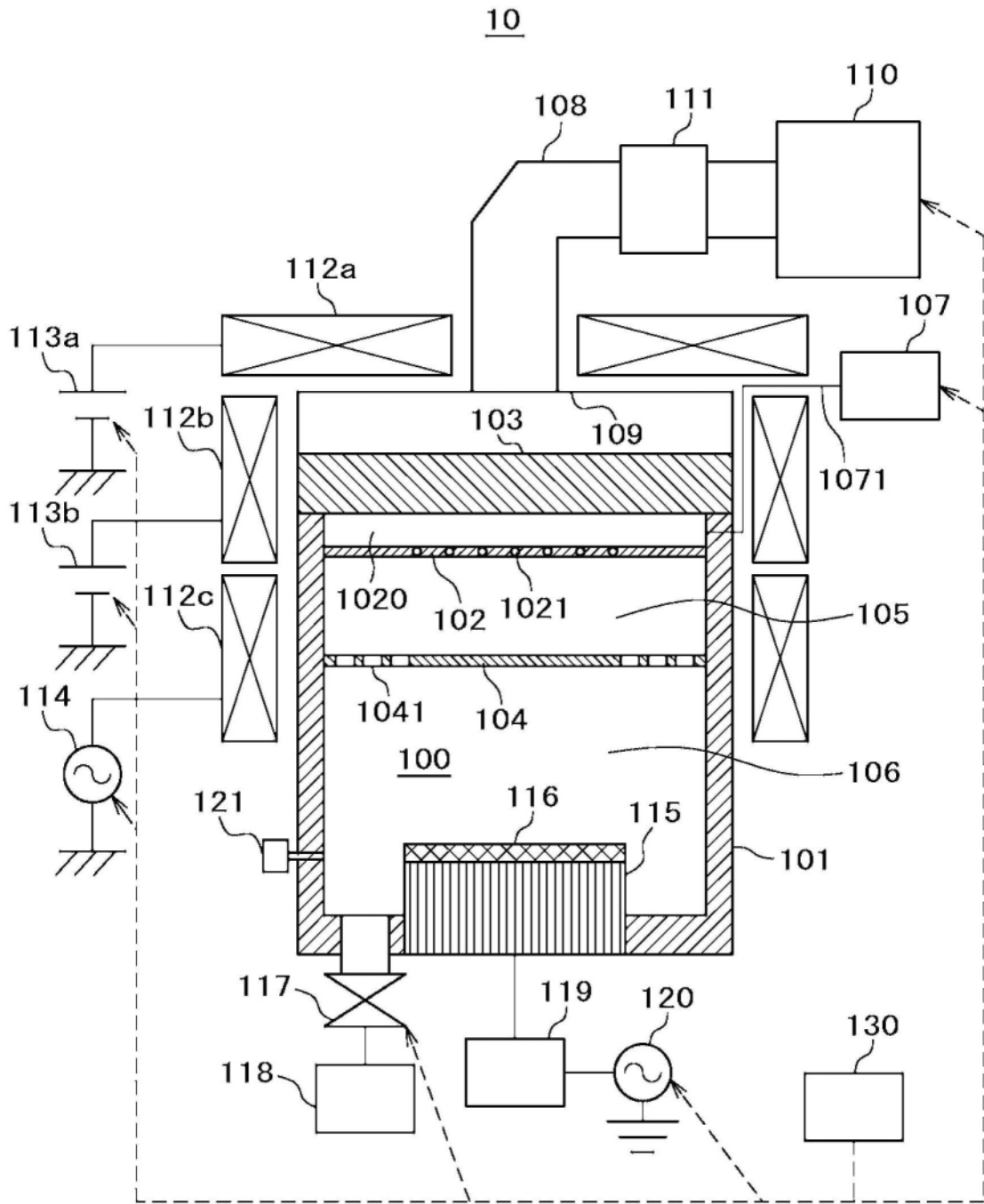


图1

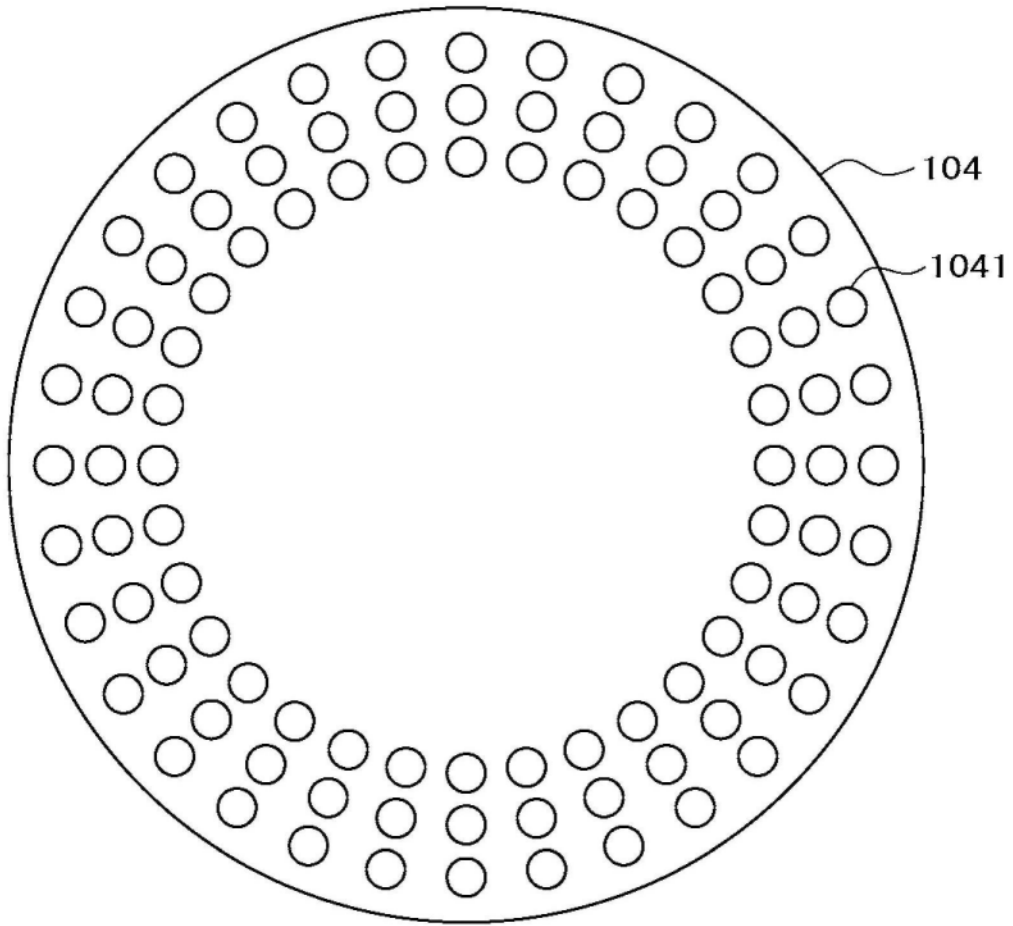


图2

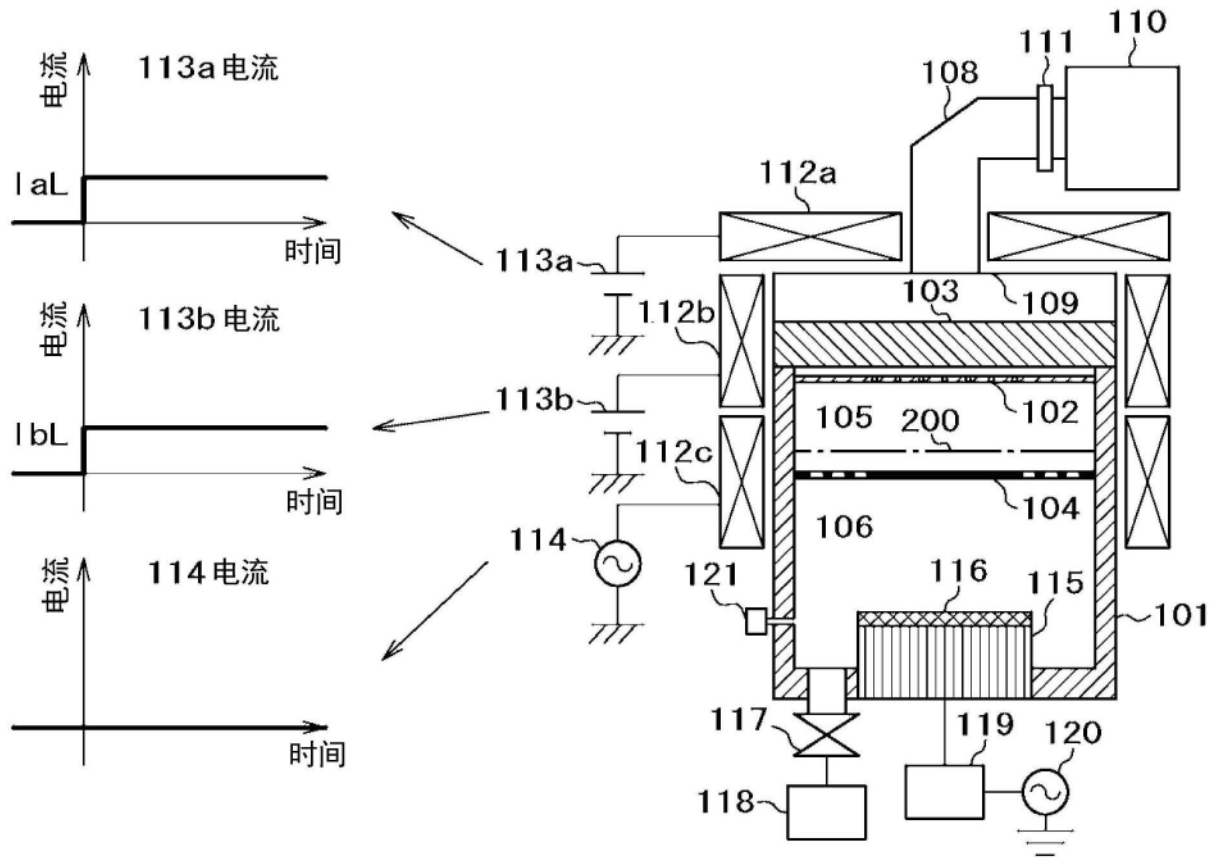


图3A

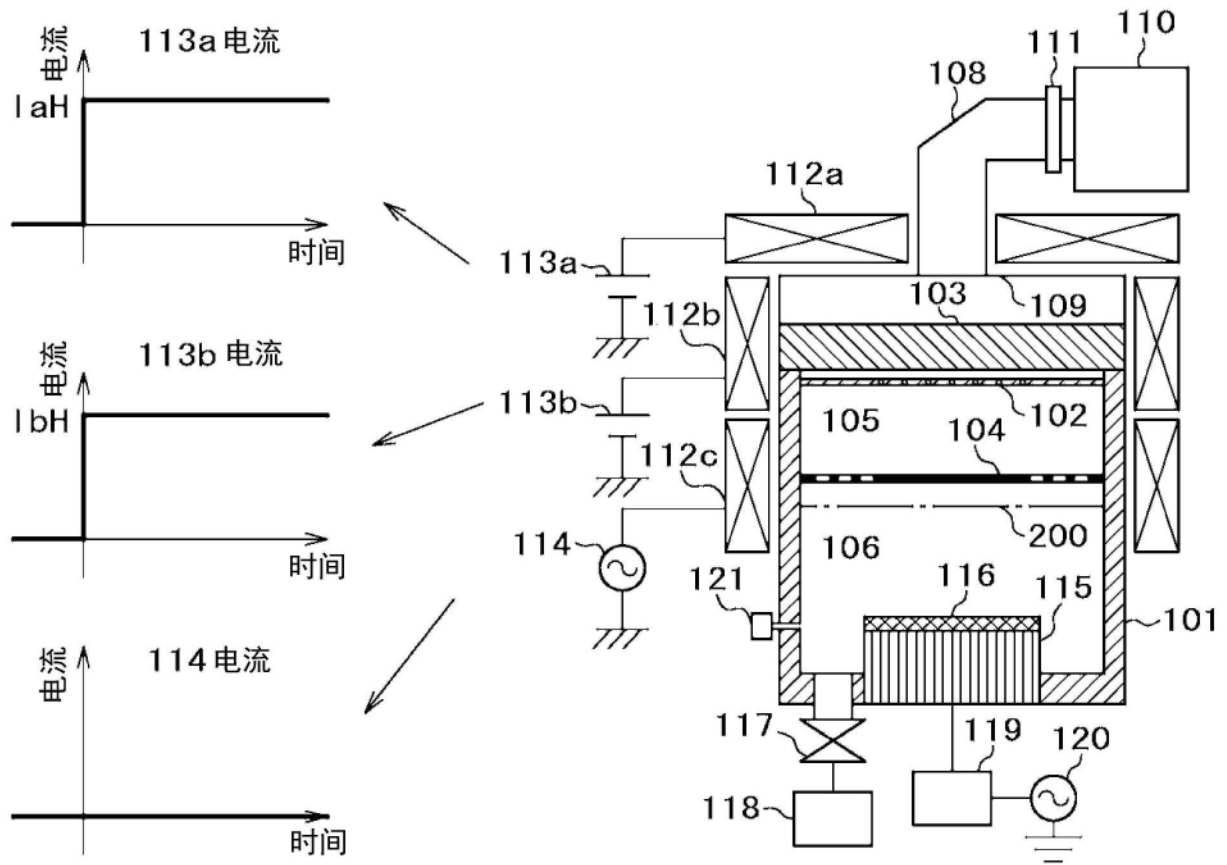


图3B

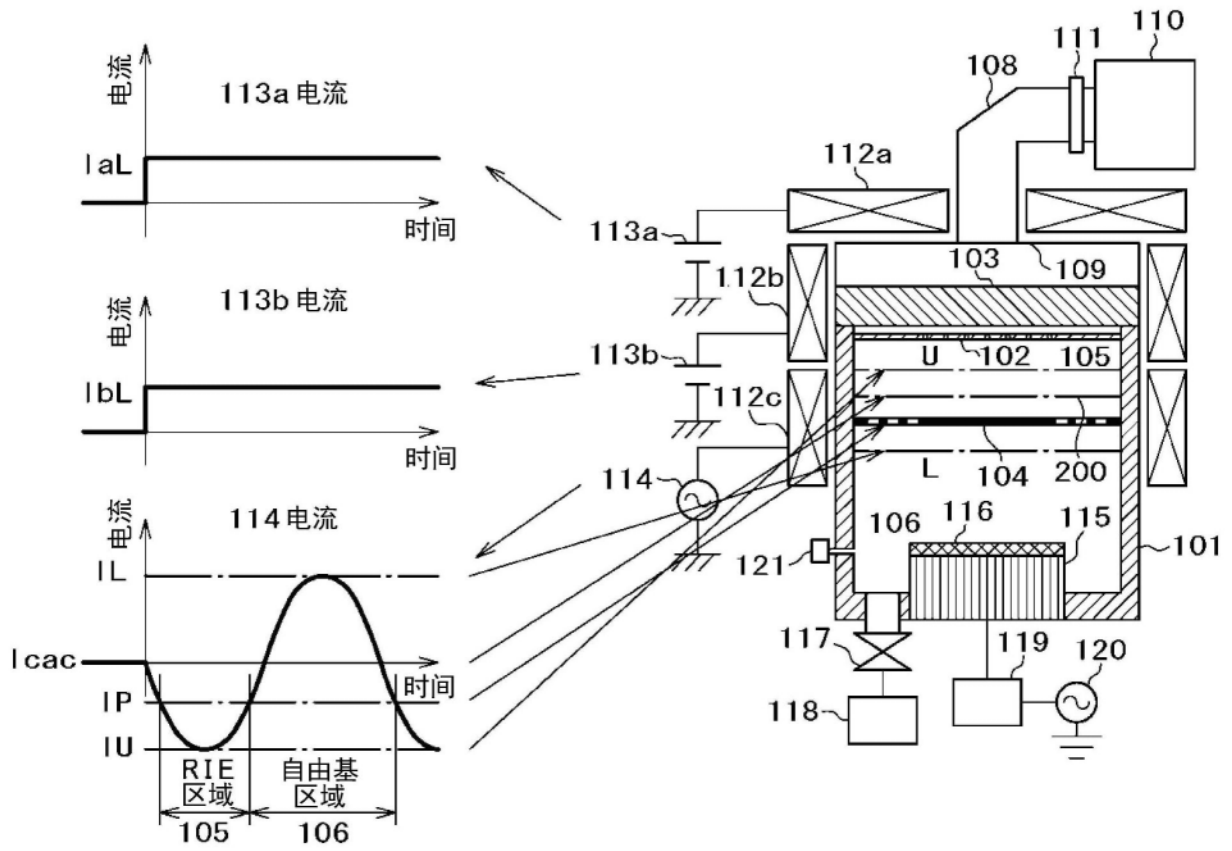


图4A

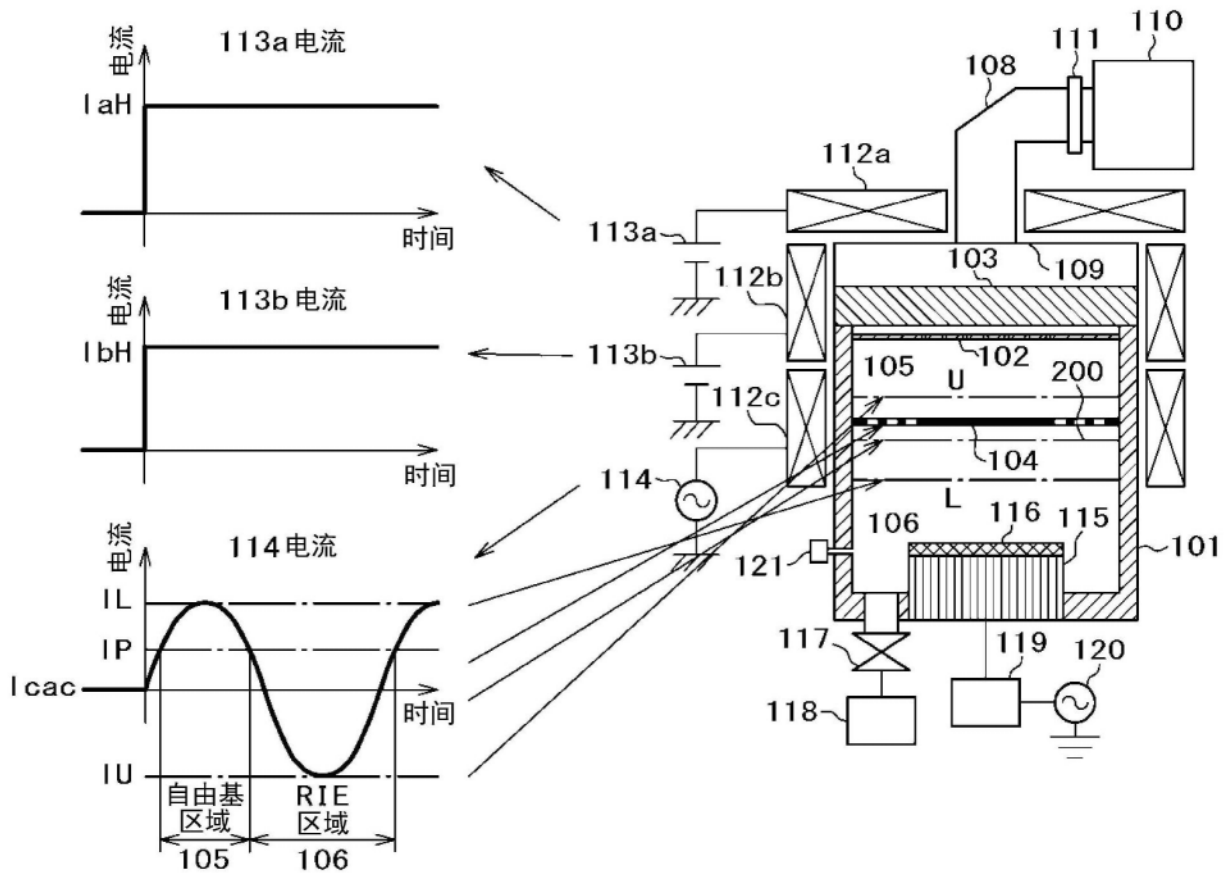


图4B

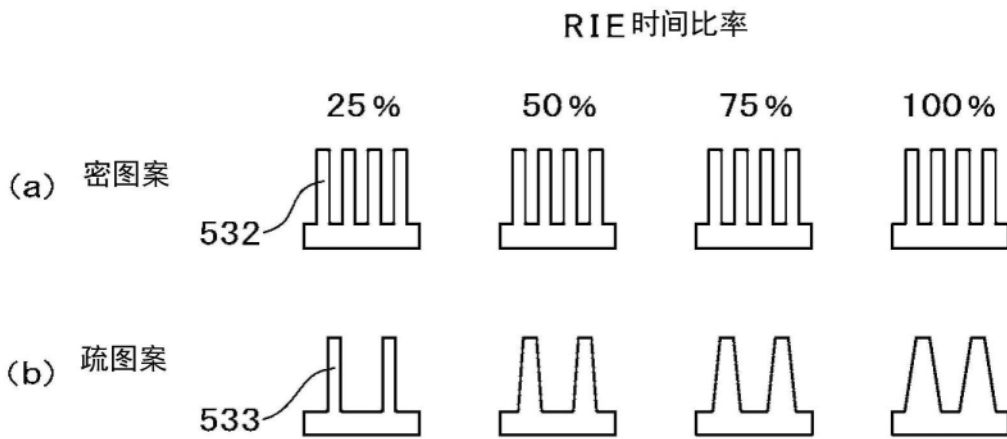


图5

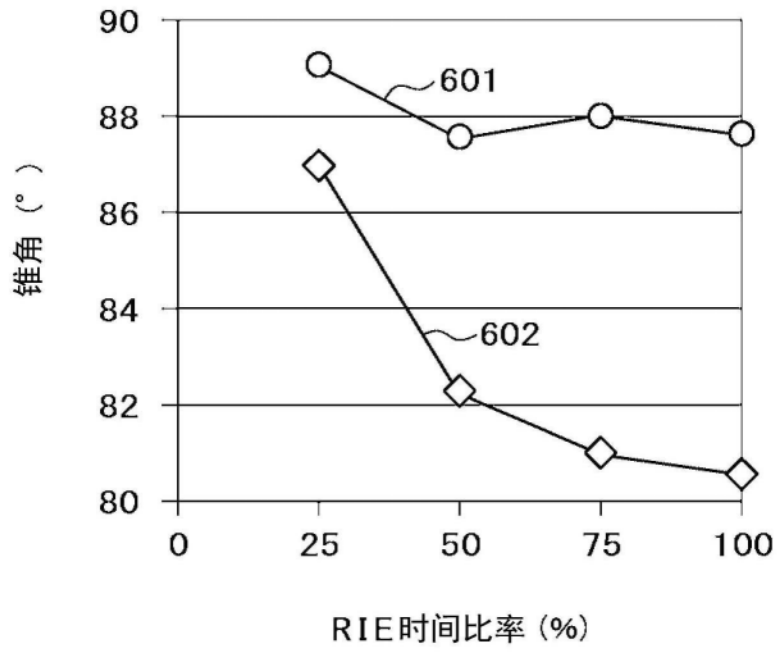


图6

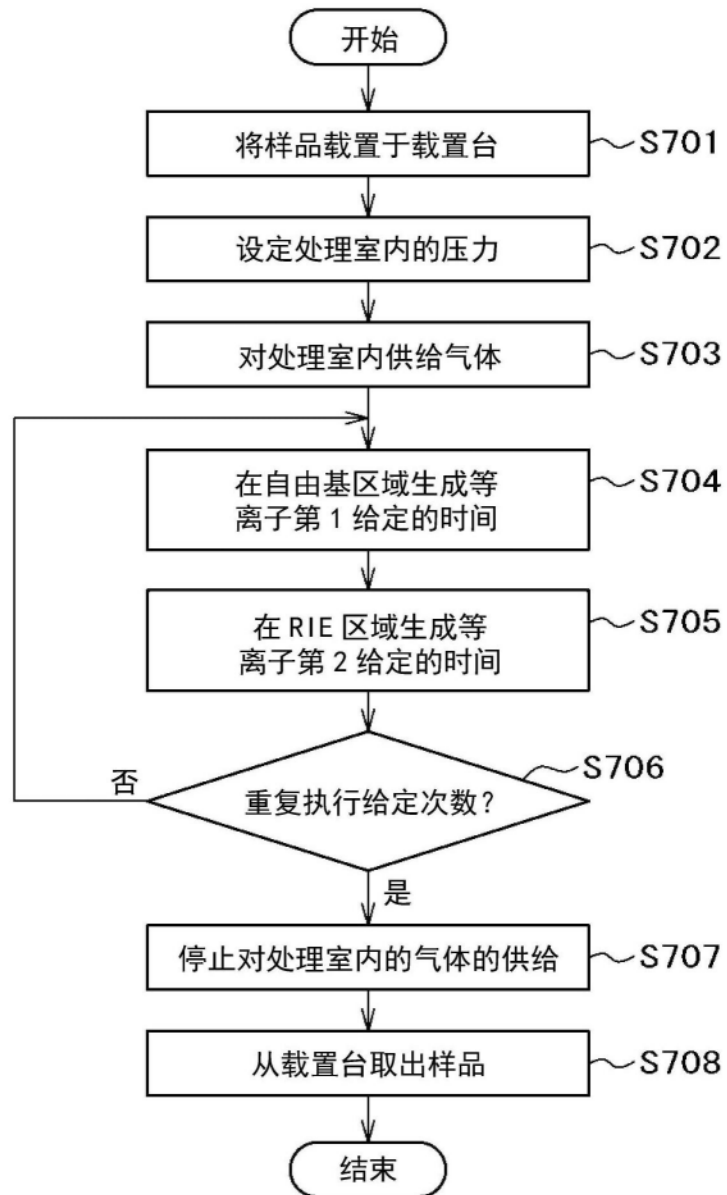


图7

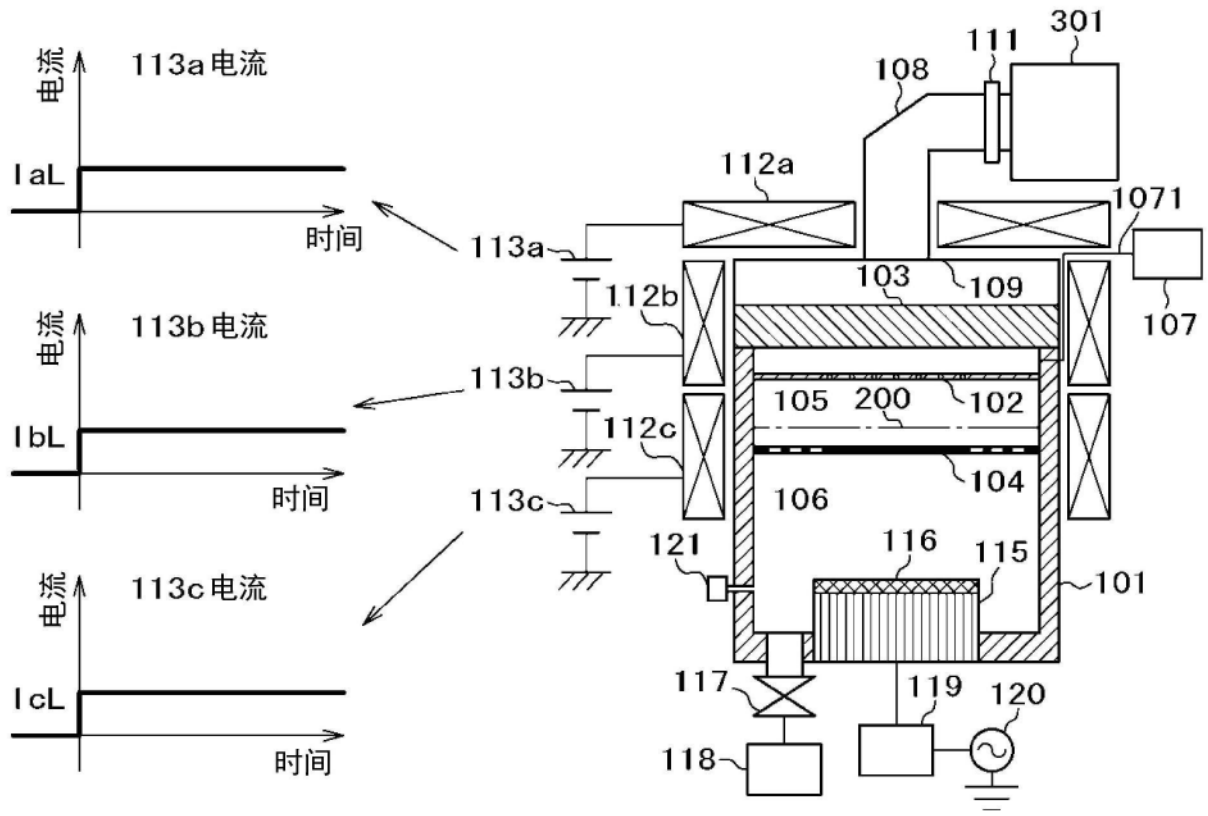


图9A

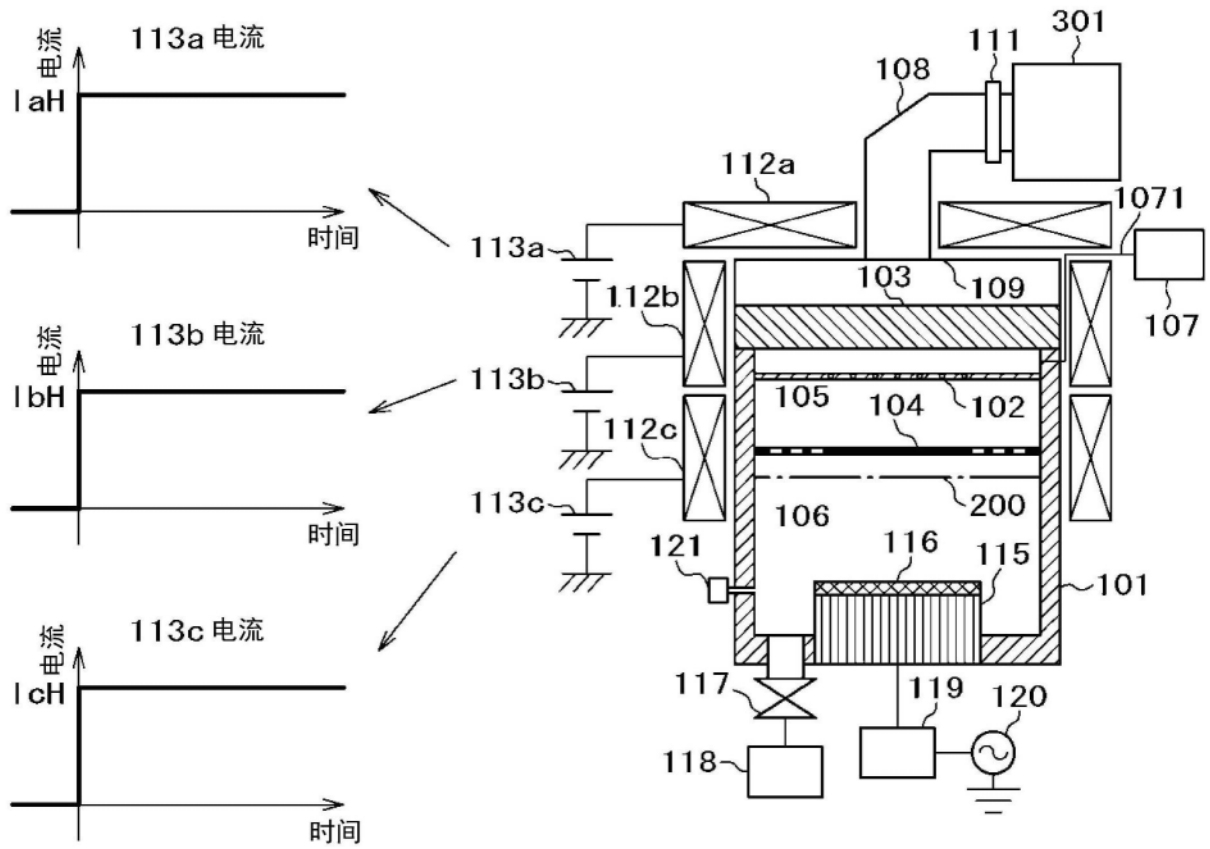


图9B

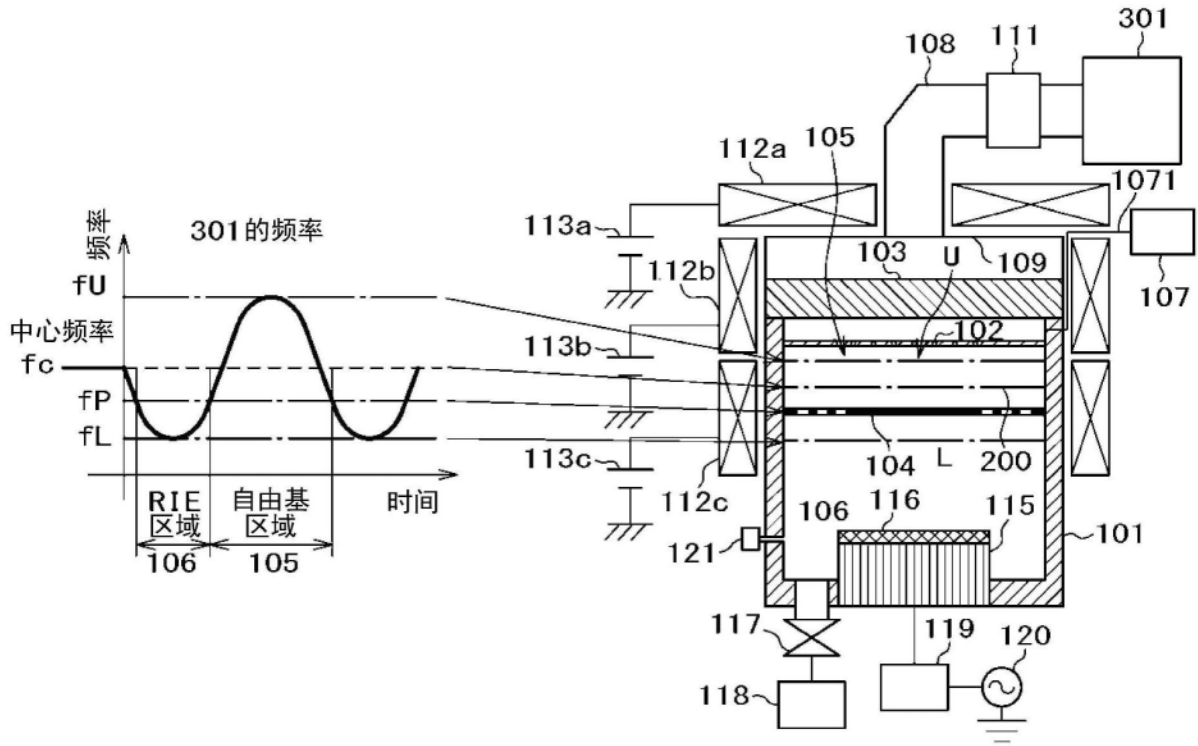


图10A

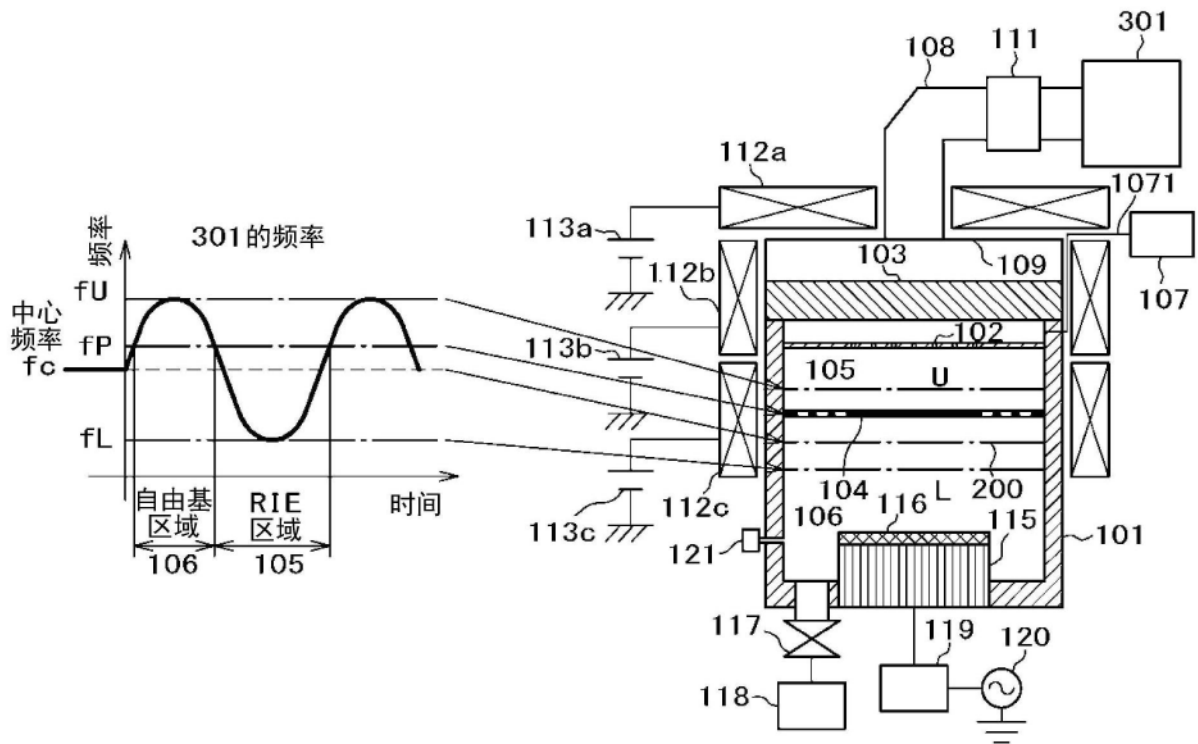


图10B

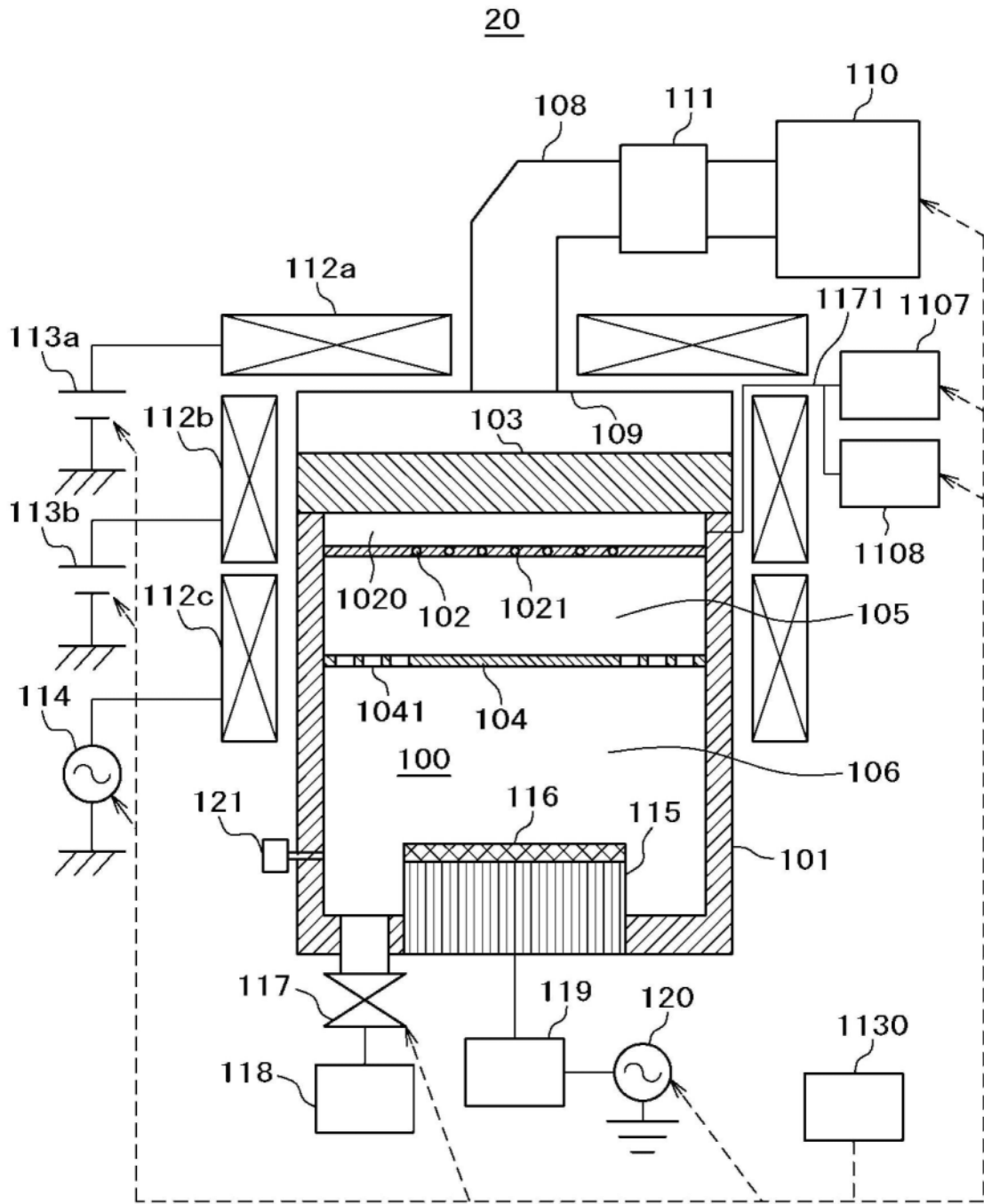


图11

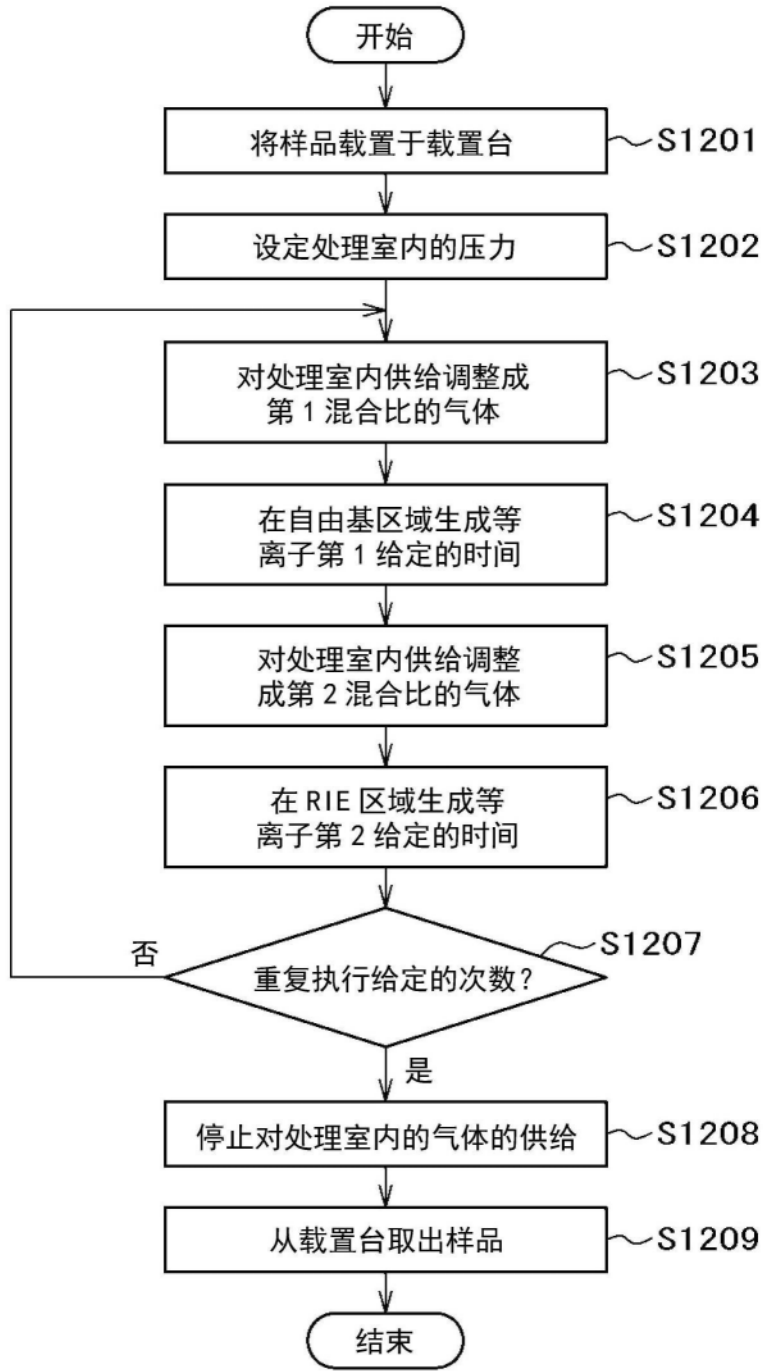


图12