



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101807509 B

(45) 授权公告日 2012. 07. 25

(21) 申请号 201010147501. 4

CN 1682344 A, 2005. 10. 12,

(22) 申请日 2007. 03. 16

US 6344105 B1, 2002. 02. 05,

(30) 优先权数据

审查员 王海涛

2006-074372 2006. 03. 17 JP

(62) 分案原申请数据

200710088375. 8 2007. 03. 16

(73) 专利权人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 奥石公

(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 21/3065(2006. 01)

H01J 37/32(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 0150497 A1, 2001. 07. 12,

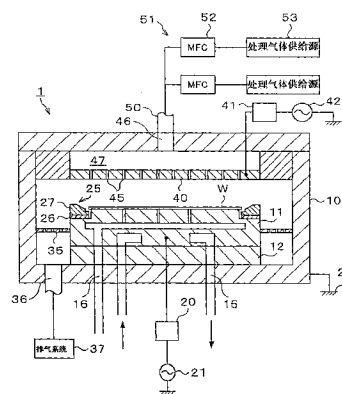
权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 12 页

(54) 发明名称

等离子体处理装置和聚焦环

(57) 摘要

本发明提供等离子体处理装置和聚焦环。本发明的目的是在对半导体晶片等被处理基板进行等离子体处理时,进一步减少周边部下面的沉积物的产生。当使被处理基板(W)载置在配置于处理腔室(10)内的载置台(11)上,通过施加高频电压,使处理腔室(10)内产生等离子体,对被处理基板(W)进行处理时,在载置台(11)上载置的被处理基板(W)的周边部下方,形成使由等离子体生成的离子向被处理基板(W)的周边部下面加速的电场,由此使离子与被处理基板(W)的周边部下面碰撞,从而减少沉积物的产生。



1. 一种等离子体处理装置,使被处理基板载置在配置于处理腔室内的载置台上,通过施加高频电压,使处理腔室内产生等离子体,对被处理基板进行处理,其特征在于:

包括以包围所述载置台上载置的被处理基板的周围的方式配置的聚焦环,

所述聚焦环具有:配置在所述载置台上载置的被处理基板的周围外侧的、由导电性材料构成的外侧环部;和在所述载置台上载置的被处理基板的周边部下方,与所述被处理基板的周边部隔开规定间隔配置的、由导电性材料构成的内侧环部,

所述内侧环部与所述载置台之间通过绝缘部件电绝缘,

与地线电连接的第二导电性部件靠近通过所述绝缘部件与所述载置台绝缘的所述外侧环部而配置,

在所述外侧环部与所述第二导电性部件之间设置有第二绝缘部件。

2. 一种聚焦环,在通过施加高频电压,使处理腔室内产生等离子体,对被处理基板进行处理的等离子体处理装置中,以包围配置在所述处理腔室内的载置台上的被处理基板的周围的方式配置,其特征在于,包括:

配置在所述载置台上载置的被处理基板的周围外侧的、由导电性材料构成的外侧环部;和在所述载置台上载置的被处理基板的周边部下方,与所述被处理基板的周边部隔开规定间隔配置的、由导电性材料构成的内侧环部,

所述内侧环部与所述载置台之间通过绝缘部件电绝缘,

与地线电连接的第二导电性部件靠近通过所述绝缘部件与所述载置台绝缘的所述外侧环部而配置,

在所述外侧环部与所述第二导电性部件之间设置有第二绝缘部件。

等离子体处理装置和聚焦环

[0001] 本案是申请日为 2007 年 3 月 16 日、申请号为 200710088375.8、发明名称为等离子体处理装置和方法以及聚焦环的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及用于对例如半导体晶片等被处理基板实施蚀刻处理等的等离子体处理的等离子体处理装置与等离子体处理方法,还涉及等离子体处理装置中使用的聚焦环与聚焦环部件。

背景技术

[0003] 一直以来,使用通过施加高频电压而产生的等离子体进行蚀刻等的等离子体处理的等离子体处理装置,在例如半导体装置中的微细电路的制造工序等中用得很多。在这样的等离子体处理装置中,将半导体晶片配置在内部被气密地密封的处理腔室内,通过施加高频电压,使处理腔室内产生等离子体,使该等离子体作用于半导体晶片,以实施蚀刻等的等离子体处理。

[0004] 在这样的等离子体处理装置中,有的以包围半导体晶片的周围的方式配置有被称为聚焦环的环状部件。该聚焦环,例如在绝缘膜的蚀刻的情况下等,由硅等导电性材料构成,设置该聚焦环的目的是:将等离子体封闭;以及缓和半导体晶片面内的偏置电位因边面效应造成的不连续性,在半导体晶片的周边部也与半导体晶片的中央部同样,能够进行均匀、良好的处理等。

[0005] 此外,为了利用该聚焦环提高半导体晶片的周边部的处理的均匀性,本发明人公开了将聚焦环的上面构成为包围半导体晶片的倾斜面部和与该倾斜面部的外侧连续形成的水平面部的聚焦环(参照专利文献 1)。

[0006] 专利文献 1:特开 2005-277369 号公报(例如图 1、2)

[0007] 上述专利文献 1 的发明中,通过在聚焦环的上面形状上想办法,抑制半导体晶片的周边部的电场的倾斜,以实现蚀刻处理的均匀性,并且,通过使半导体晶片的周边与聚焦环的内周面之间形成电位差,抑制等离子体向半导体晶片的周边部下方蔓延。

[0008] 但是,即使这样利用半导体晶片的周边与聚焦环的内周面之间的电位差,抑制等离子体的蔓延,有时还会发生 CF 系聚合物等附着在半导体晶片的周边部下面的所谓的沉积。

发明内容

[0009] 本发明的目的是在对半导体晶片等被处理基板进行等离子体处理时,进一步减少沉积物向周边部下面的附着。

[0010] 本发明人如上所述对在被处理基板的周边部下面产生的沉积物的主要原因进行了各种研究。结果发现,在如专利文献 1 那样使半导体晶片的周边与聚焦环的内周面之间具有电位差的情况下,等离子体中的离子在通过半导体晶片的周边与聚焦环的内周面的间

隙时,由于两者间的电位差,向着半导体晶片的周边或聚焦环的内周面中的某一个被吸引,因此,不会到达被处理基板的周边部下方,但 CF 系聚合物等不带电荷的等离子体生成物直接通过半导体晶片的周边与聚焦环的内周面的间隙,到达被处理基板的周边部下方,这是产生沉积物的主要原因。此外,另一方面,认识到:为了抑制这样在被处理基板的周边部下面产生的沉积物,使等离子体中的离子到达被处理基板的周边部下方、并使该离子与被处理基板的周边部下面碰撞是有效的。

[0011] 本发明根据上述认识而做出。即,根据本发明,提供一种等离子体处理装置,使被处理基板载置在配置于处理腔室内的载置台上,通过施加高频电压,使处理腔室内产生等离子体,对被处理基板进行处理,其特征在于,包括以包围上述载置台上载置的被处理基板的周围的方式配置的聚焦环,上述聚焦环具有:配置在上述载置台上载置的被处理基板的周围外侧的、由导电性材料构成的外侧环部;以及在上述载置台上载置的被处理基板的周边部下方,隔开规定间隔配置的、由导电性材料构成的内侧环部,上述内侧环部与上述载置台之间电绝缘。

[0012] 在该等离子体处理装置中,例如,上述外侧环部与上述内侧环部电导通,上述外侧环部与上述载置台之间绝缘。在这种情况下,在上述外侧环部与上述载置台之间以及上述内侧环部与上述载置台之间可以配置有绝缘部件。此外,上述外侧环部和上述内侧环部可以一体地形成。此外,上述载置台上载置的被处理基板的外周面和与其相对的上述聚焦环的内周面的间隔,可以比上述内侧环部的上面和上述载置台上载置的被处理基板的周边部的下面的间隔宽。

[0013] 此外,在该等离子体处理装置中,上述外侧环部和上述内侧环部可以与地线电绝缘。在这种情况下,可以构成为使上述外侧环部与地线之间的静电容量以及上述内侧环部与地线之间的静电容量可变。此外,可以将可变直流电源与上述外侧环部和上述内侧环部电连接。

[0014] 此外,在该等离子体处理装置中,例如,上述外侧环部与上述内侧环部电绝缘。在这种情况下,上述外侧环部可以与上述载置台电导通。

[0015] 此外,上述外侧环部的上面可以具有:配置在上述载置台上载置的被处理基板的周围的、向外侧逐渐升高的倾斜面部;和与上述倾斜面部的外侧连续形成的水平面部。此外,构成上述外侧环部和上述内侧环部的导电性材料可以是例如 Si、C、SiC 中的任一种。

[0016] 根据本发明,提供一种聚焦环,在通过施加高频电压,使处理腔室内产生等离子体,对被处理基板进行处理的等离子体处理装置中,以包围配置在上述处理腔室内的载置台上的被处理基板的周围的方式配置,其特征在于,具有:配置在上述载置台上载置的被处理基板的外侧的、由导电性材料构成的外侧环部;以及在上述载置台上载置的被处理基板的周边部下方,隔开规定间隔配置的、由导电性材料构成的内侧环部,上述内侧环部与上述载置台之间电绝缘。

[0017] 在该聚焦环中,例如,上述外侧环部与上述内侧环部电导通,在上述外侧环部与上述载置台之间以及上述内侧环部与上述载置台之间设置有用绝缘的绝缘部件。在这种情况下,上述外侧环部与上述内侧环部可以一体地形成。此外,可以在与上述载置台上载置的被处理基板的外周面相对的内周面上形成有凹部。

[0018] 此外,在该聚焦环中,可以具有用于使上述外侧环部与地线之间的静电容量以及

上述内侧环部与地线之间的静电容量可变的静电容量可变单元。此外,可以具有与上述外侧环部和上述内侧环部电连接的可变直流电源。

[0019] 此外,在该聚焦环中,例如具有使上述外侧环部与上述内侧环部电绝缘的绝缘部件。在这种情况下,上述外侧环部可以与上述载置台电导通而设置。

[0020] 此外,在该聚焦环中,上述外侧环部的上面可以具有:配置在上述载置台上载置的被处理基板的周围的、向外侧逐渐升高的倾斜面部;和与上述倾斜面部的外侧连续形成的水平面部。此外,构成上述外侧环部和上述内侧环部的导电性材料可以是例如 Si、C、SiC 中的任一种。

[0021] 此外,根据本发明,提供一种聚焦环部件,其特征在于,包括:这些聚焦环;以及使上述聚焦环在上述处理腔室内以包围上述载置台上的被处理基板的周围的方式配置的支撑部件。

[0022] 此外,根据本发明,提供一种等离子体处理方法,使被处理基板载置在配置于处理腔室内的载置台上,通过施加高频电压,使处理腔室内产生等离子体,对被处理基板进行处理,其特征在于:在上述载置台上载置的被处理基板的周边部下方,形成使由上述等离子体生成的离子向被处理基板的周边部下面加速的电场,由此使离子与被处理基板的周边部下面碰撞。

[0023] 在该等离子体处理方法中,例如,在上述载置台上载置的被处理基板的周边部下方,隔开规定的间隔配置由导电性材料构成的内侧环部,并使被处理基板与内侧环部之间具有电位差,由此形成上述电场。此外,可以通过改变上述电场的强度,调整与被处理基板的周边部下面碰撞的离子量。此外,可以使得上述电场中的等电位面,在上述载置台上载置的被处理基板的外周面的外侧疏,在上述载置台上载置的被处理基板的周边部的下方密。

[0024] 根据本发明,使等离子体中的离子到达被处理基板的周边部下方,并使其与被处理基板的周边部下面碰撞,由此,与以往相比,能够减少被处理基板的周边部下面的沉积物的产生。

附图说明

[0025] 图 1 是表示本发明的实施方式的等离子体处理装置的简要结构的说明图。

[0026] 图 2 是将聚焦环放大表示的纵截面图。

[0027] 图 3 是半导体晶片(载置台)与导电性部件之间产生的电位差的说明图。

[0028] 图 4 是由半导体晶片与导电性部件之间的电位差形成的电场的说明图。

[0029] 图 5 是表示半导体晶片周边部下面的聚合物附着量(右纵轴)和半导体晶片的周边部上面的离子入射角(左纵轴),相对于半导体晶片与导电性部件之间的静电容量的变化的关系的模拟结果的图。

[0030] 图 6 是将在与半导体晶片的外周面相对的外侧环部的内周面上形成有凹部的聚焦环放大表示的纵截面图。

[0031] 图 7 是将与地线导通的第二导电性部件通过绝缘部件(电介质)与导电性部件靠近配置的聚焦环的放大表示的纵截面图。

[0032] 图 8 是图 7 的聚焦环中的半导体晶片(载置台)与导电性部件之间产生的电位差的说明图。

[0033] 图 9 是表示图 7 的聚焦环的在等离子体处理中的半导体晶片、导电性部件和地线的电位的变化的图。

[0034] 图 10 是表示半导体晶片周边部下面的聚合物附着量（右纵轴）和半导体晶片的周边部上面的离子入射角（左纵轴），相对于图 7 的聚焦环中的半导体晶片与导电性部件之间的电位差（静电容量比（ $C_g/(C_g+C_e)$ ））的变化的关系的模拟结果的图。

[0035] 图 11 是将导电性部件通过电容可变的电容器与地线电连接的聚焦环的放大表示的纵截面图。

[0036] 图 12 是将可变直流电源与导电性部件电连接的聚焦环的放大表示的纵截面图。

[0037] 图 13 是表示图 12 的聚焦环中的等离子体处理中的半导体晶片、导电性部件和地线的电位的变化的图。

[0038] 图 14 是将外侧环部与内侧环部相互电绝缘的结构 of 聚焦环放大表示的纵截面图。

[0039] 图 15 是表示将等离子体生成用的高频电源和偏置用的高频电源两者与载置台连接的等离子体处理装置的简要结构的说明图。

[0040] 符号说明

[0041] 1 等离子体处理装置

[0042] 10 处理腔室

[0043] 11 载置台

[0044] 12 绝缘板

[0045] 15 热介质流路

[0046] 16 气体流路

[0047] 29 匹配器

[0048] 21 高频电源

[0049] 22 地线

[0050] 25 聚焦环

[0051] 26 环状绝缘部件

[0052] 27 导电性部件

[0053] 30 外侧环部

[0054] 31 内侧环部

[0055] 30a 倾斜面部

[0056] 30b 水平面部

[0057] 35 排气环

[0058] 40 喷头

[0059] 41 匹配器

[0060] 42 高频电源

[0061] 45 气体喷出口

[0062] 47 气体扩散用空隙

[0063] 46 气体导入部

[0064] 50 气体供给配管

- [0065] 51 气体供给系统
[0066] 52 质量流量控制器
[0067] 53 处理气体供给源

具体实施方式

[0068] 以下,参照附图,对本发明的优选实施方式进行说明。图1是表示本发明的实施方式的等离子体处理装置1的简要结构的说明图。图2是将该等离子体处理装置1具有的聚焦环25放大表示的纵截面图。此外,在本说明书和附图中,实质上具有相同的功能结构的结构要素,使用相同的符号表示,省略重复说明。

[0069] 在气密地构成的圆筒形状的处理腔室10的内部,配置有用于载置作为被处理基板的半导体晶片W的兼作下部电极的载置台11。这些处理腔室10和载置台11例如由铝等导电性材料构成。但是,载置台11通过陶瓷等的绝缘板12,被支撑在处理腔室10的底面上,处理腔室10和载置台11成为相互电绝缘的状态。

[0070] 载置台11具有用于吸附保持被放置在其上面的半导体晶片W的未图示的静电卡盘。此外,在载置台11的内部设置有:用于使作为温度控制用的热介质的绝缘性流体循环的热介质流路15;和用于将氢气等温度控制用的气体供给至半导体晶片W的背面的气体流路16。这样,通过使被控制为规定温度的绝缘性流体在热介质流路15中循环,能够将载置台11控制为规定温度,并且能够将温度控制用的气体通过气体流路16供给至该载置台11与半导体晶片W的背面之间,促进它们之间的热交换,能够高精度地、有效地将半导体晶片W控制为规定温度。

[0071] 偏置用的高频电源(RF电源)21通过匹配器20与载置台11连接。从高频电源21向载置台11提供规定频率的高频电压。另一方面,处理腔室10与地线22电导通。

[0072] 在处理腔室10的内部,在载置台11的上面的周围,以包围载置台11上载置的半导体晶片W的周围的方式,配置有聚焦环25。该聚焦环25由直接载置在载置台11上的环状的绝缘部件26、以及配置在该绝缘部件26的上方的环状的导电性部件27构成。绝缘部件26例如由石英、氧化铝等陶瓷、Vespel(注册商标)等树脂等绝缘材料(电介质)构成。导电性部件27例如由Si(为了产生导电性而掺杂有B等的Si)、C、SiC等导电性材料构成。

[0073] 如图2所示,导电性部件27包括:配置在载置台11上载置的半导体晶片W的周围外侧的外侧环部30;和在载置台11上载置的半导体晶片W的周边部下方,隔开规定的间隔配置的环状的内侧环部31。在图示的例子中,外侧环部30与环状的内侧环部31一体地形成为由导电性材料构成的导电性部件27,因此,外侧环部30与内侧环部31为相互电导通的状态。但是,如上所述,在环状的导电性部件27与载置台11之间设置有绝缘部件26,因此,外侧环部30和内侧环部31相对于载置台11电绝缘。此外,将外侧环部30与内侧环部31的边界在图2中记作虚线31'。如该边界31'所示,在一体地形成的导电性部件27中,配置在载置台11上载置的半导体晶片W的周围外侧的部分,是外侧环部30,在半导体晶片W的周边部下方,隔开规定间隔配置的部分成为环状的内侧环部31。

[0074] 此外,这样与载置台11绝缘的环状的导电性部件27,在处理腔室10的内部,除了绝缘部件26以外,不进行电接触。因此,外侧环部30与内侧环部31相对于地线22也成为电气浮起的状态。

[0075] 外侧环部 30 的上面由配置在载置台 11 上载置的半导体晶片 W 的周围的向外侧逐渐升高的倾斜面部 30a、以及与该倾斜面部 30a 的外侧连续形成的水平面部 30b 形成。水平面部 30b 被设定成比载置台 11 上载置的半导体晶片 W 的上面高,倾斜面部 30a 被设定成内边缘与载置台 11 上载置的半导体晶片 W 的上面的高度大致相等、向外侧逐渐升高到水平面部 30b 的高度。

[0076] 此外,在处理腔室 10 的内部,在聚焦环 25 的外侧,设置有形成有多个排气孔的环状的排气环 35。利用与排气口 36 连接的排气系统 37 的真空泵等,通过该排气环 35,进行处理腔室 10 内的处理空间的真空排气。

[0077] 另一方面,在载置台 11 上方的处理腔室 10 的顶部,以与载置台 11 平行相对的方式设置有喷头 40,载置台 11 和喷头 40 作为一对电极(上部电极和下部电极)起作用。此外,等离子体生成用的高频电源 42 通过匹配器 41 与该喷头 40 连接。

[0078] 喷头 40 在其下面设置有多数气体喷出孔 45。喷头 40 的内部形成为气体扩散用空隙 47,在它的上部有气体导入部 46。气体供给配管 50 与该气体导入部 46 连接,气体供给系统 51 与该气体供给配管 50 的另一端连接。该气体供给系统 51 由用于控制气体流量的质量流量控制器(MFC)52、用于供给例如蚀刻用的处理气体等的处理气体供给源 53 等构成。

[0079] 接着,对上述那样构成的等离子体处理装置 1 的等离子体处理的步骤进行说明。

[0080] 首先,打开处理腔室 10 上设置的未图示的闸阀,通过与该闸阀相邻配置的负载锁定室(未图示),利用搬送机构(未图示)将半导体晶片 W 搬入处理腔室 10 内,载置在载置台 11 上。然后,使搬送机构退避到处理腔室 10 外以后,关闭闸阀,使处理腔室 10 内成为密闭状态。

[0081] 此后,利用排气系统 37 的真空泵,通过排气口 36,将处理腔室 10 内排气至规定的真空度,并从处理气体供给源 53,通过喷头 40,向处理腔室 10 内供给规定的处理气体。

[0082] 然后,在该状态下,从高频电源 21 供给频率比较低的偏置用的高频电力、并且从高频电源 42 供给频率比较高的等离子体生成用的高频电力,由此,如图 2 所示,在半导体晶片 W 的上方,在处理腔室 10 内生成等离子体 P。这样,将在半导体晶片 W 的上方生成的等离子体 P 中的自由基分子、离子引向半导体晶片 W 上面,通过它们的作用,进行半导体晶片 W 上面的等离子体处理。

[0083] 然后,当规定的等离子体处理结束时,停止从高频电源 21、42 供给高频电力,由此停止等离子体处理,按与上述的步骤相反的步骤,将半导体晶片 W 搬出到处理腔室 10 外。

[0084] 在进行这样的等离子体处理时,在该实施方式的等离子体处理装置 1 中,如前所述,采用了将导电性部件 27 通过绝缘部件 26 配置在载置台 11 上的聚焦环 25,因此,如图 3 所示,成为在半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间产生电位差 V_e 的状态。在这种情况下,如果设半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间的静电容量为 C_e ,则电位差 V_e 与静电容量 C_e 成反比。

[0085] 此外,在等离子体处理中,通过这样在半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间产生电位差 V_e ,在半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间形成图 4 所示的电场 E。该电场 E 的等位面 e,如图 4 所示,在半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 的内周面 30c 之间,大致成为垂直方向,在半导体晶片 W 的周边部下面与内侧环部 31 的上面之间,大致成为水平方向。通

过具有这样的等电位面 e 的电场 E 的作用,在半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 的内周面 30c 之间,能够使向着半导体晶片 W 的表面向下吸引的等离子体 P 中的离子 I ,在向着半导体晶片 W 的外周面的方向上加速,此外,在半导体晶片 W 的周边部下面与内侧环部 31 的上面之间,能够使等离子体中的离子 I 在向着半导体晶片 W 的周边部下面的方向上加速。

[0086] 这样,在等离子体处理中,通过由半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 形成的电场 E 的作用,使等离子体中的离子 I 与半导体晶片 W 的外周面和周边部下面碰撞,由此,能够减少半导体晶片 W 的外周面和周边部下面的沉积物的产生。

[0087] 此外,为了减少半导体晶片 W 的周边部下面的沉积物的产生,在半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 的内周面 30c 之间,不是使等离子体中的全部离子 I 与半导体晶片 W 的外周面碰撞,使等离子体中的离子 I 的至少一部分直接向下方通过半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 的内周面 30c 之间,需要使离子 I 通过,直到半导体晶片 W 的周边部下方。因此,如图 2 所示,将载置台 11 上载置的半导体晶片 W 的外周面和与其相对的外侧环部 30 的内周面 30c 的间隔 L_1 ,形成得比内侧环部 31 的上面和半导体晶片 W 的周边部的下面的间隔 L_2 宽。

[0088] 通过形成这样的结构,能够使图 4 所示的等电位面 e 之间的间隔,在半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 的内周面 30c 之间较疏,在半导体晶片 W 的周边部下面与内侧环部 31 的上面之间较密。由此,在半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 的内周面 30c 之间,能够使向着朝向半导体晶片 W 的外周面的方向的加速比较小,从而能够使离子 I 通过,直到半导体晶片 W 的周边部下方。此外,另一方面,在半导体晶片 W 的周边部下面与内侧环部 31 的上面之间,能够使向着朝向半导体晶片 W 的周边部下面的方向的加速比较大,使离子 I 与半导体晶片 W 的周边部下面碰撞,从而能够可靠地减少半导体晶片 W 的周边部下面的沉积物的产生。

[0089] 此外,半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 的内周面 30c 的间隔 L_1 以及内侧环部 31 的上面与半导体晶片 W 的周边部的下面的间隔 L_2 的优选的范围,因半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间形成的电位差 V_e 的大小、半导体晶片 W 的直径和厚度、内周面 30c 的高度等而变化,因此不能一概地确定,但是,例如,半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 的内周面 30c 的间隔 L_1 为 $1 \sim 5\text{mm}$,优选为 $2 \sim 2.5\text{mm}$ 。如果该间隔 L_1 过小,则有时在半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 之间会产生异常放电,相反,如果过大,则后述的半导体晶片 W 上的等离子体鞘与外侧环部 30 上的等离子体鞘可能变得不连续。

[0090] 此外,例如,内侧环部 31 的上面与半导体晶片 W 的周边部的下面的间隔 L_2 为 $0.2 \sim 1\text{mm}$,优选为 $0.2 \sim 0.5\text{mm}$ 。如果该间隔 L_2 过小,则有时在内侧环部 31 的上面与半导体晶片 W 的周边部之间会产生异常放电,相反,如果过大,则不能使等电位面 e 之间的间隔在半导体晶片 W 的周边部下面与内侧环部 31 的上面之间较密,从而不能使离子 I 向着朝向半导体晶片 W 的周边部下面的方向充分加速,不能充分减少半导体晶片 W 的周边部下面的沉积物的产生。此外,这样隔开间隔 L_2 相对的内侧环部 31 与半导体晶片 W 的周边部重叠的部分的距离 L_4 优选为 $0.05 \sim 0.5\text{mm}$ 。

[0091] 此外,在图示的实施方式中,在等离子体处理中,在半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间产生电位差 V_e ,因此,在半导体晶片 W 上产生的等离子体鞘与在导电性部件 27 的外侧环部 30 上形成的等离子体鞘的厚度不同。但是,在该实施方式的聚焦环 25 中,像上述那样,

将外侧环部 30 的上面形成向外侧逐渐升高的倾斜面部 30a、以及与该倾斜面部 30a 的外侧连续形成的比半导体晶片 W 的上面高的水平面部 30b, 因此, 能够使半导体晶片 W 上与外侧环部 30 上的边界的等离子体鞘的厚度的变化缓和。由此, 能够抑制半导体晶片 W 周边部的电场的急剧变化, 即使在半导体晶片 W 的周边部, 也能够将等离子体中的离子 I 大致垂直地吸引至半导体晶片 W 的上面, 从而能够提高等离子体处理的均匀性。此外, 通过由倾斜面部 30a 和水平面部 30b 形成外侧环部 30 的上面, 也能够延长聚焦环 25 本身的寿命。

[0092] 此外, 在外侧环部 30 的上面形成的倾斜面部 30a 的高度方向的范围 h , 优选距半导体晶片 W 的上面的高度为 $0 \sim 6\text{mm}$ 的范围, 更优选为 $2\text{mm} \sim 4\text{mm}$ 。此外, 倾斜面部 30a 的水平方向的长度 h' (半导体晶片 W 的直径方向的长度) 优选为 $0.5 \sim 9\text{mm}$ 的范围, 更优选的范围是 $1 \sim 6\text{mm}$ 。此外, 倾斜面部 30a 的水平方向的长度 h' 因半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 的内周面 30c 的间隔 L_1 而不同, 也可以为 0。在这种情况下, 成为没有倾斜面部 30a 的形状, 但通过调节间隔 L_1 , 也能够抑制半导体晶片 W 的周边部的电场急剧变化。

[0093] 此外, 在等离子体处理中, 在载置台 11 与导电性部件 27 之间产生电位差 V_e , 因此, 如果内侧环部 31 的内边缘过于接近载置台 11, 则有可能在两者之间产生异常放电。另一方面, 如果使内侧环部 31 的内边缘离开载置台 11 过远, 则不能使内侧环部 31 充分进入到半导体晶片 W 的周边部下方, 不能像上述那样使等离子体中的离子 I 与半导体晶片 W 周边部下面碰撞, 不能充分得到减少沉积物的作用效果。因此, 图 2 所示的内侧环部 31 的内边缘与载置台 11 的间隔 L_3 优选为 $0.5 \sim 1\text{mm}$ 的范围。

[0094] 使半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间的静电容量 C_e 达到什么程度, 需要根据实际的每个等离子体处理装置而确定。通常, 如果使静电容量 C_e 减小, 则在半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间形成的电位差 V_e 变大。因此, 在半导体晶片 W 的周边部下面与内侧环部 31 的上面之间, 使等离子体中的离子 I 向着朝向半导体晶片 W 的周边部下面的方向加速的力增强, 使半导体晶片 W 的周边部下面的沉积物的产生减少的效果有增加的趋势。相反, 如果使静电容量 C_e 增大, 则在半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间形成的电位差 V_e 变小。因此, 在半导体晶片 W 的周边部下面与内侧环部 31 的上面之间, 使等离子体中的离子 I 向着朝向半导体晶片 W 的周边部下面的方向加速的力减弱, 使半导体晶片 W 的周边部下面的沉积物的产生减少的效果有减小的趋势。

[0095] 此外, 如上所述, 在等离子体处理中, 在半导体晶片 W 上产生的等离子体鞘与在导电性部件 27 的外侧环部 30 上形成的等离子体鞘的厚度不同, 由此, 半导体晶片 W 的周边部的离子 I 的入射角受到影响。通常, 如果使静电容量 C_e 减小, 则在半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间形成的电位差 V_e 变大, 在外侧环部 30 上形成的等离子体鞘的厚度变薄, 离子 I 的入射角有在朝向半导体晶片 W 的中心的方向上倾斜 (入射角 $> 90^\circ$) 的趋势。相反, 如果使静电容量 C_e 增加, 则在半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间形成的电位差 V_e 变小, 在外侧环部 30 上形成的等离子体鞘的厚度变厚, 离子 I 的入射角有在从半导体晶片 W 的中心朝向外侧的方向上倾斜 (入射角 $< 90^\circ$) 的趋势。

[0096] 在此, 在图 5 中表示半导体晶片 W 周边部下面的聚合物附着量 (右纵轴) 和半导体晶片 W 的周边部上面的离子 I 的入射角 (左纵轴), 相对于半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间的静电容量 C_e 的变化的关系的模拟结果。在本发明人的模拟结果中, 分别确认了上述的趋势。

[0097] 于是,根据该实施方式的等离子体处理装置 1,与以往相比,能够减少半导体晶片 W 的周边部下面一侧的沉积物的产生,并且,通过抑制半导体晶片 W 的周边部的电场的倾斜,即使在半导体晶片 W 的周边部,也能够进行大致垂直的蚀刻,从而能够提高处理的面内均匀性。

[0098] 以上,表示了本发明的优选实施方式的一个例子,但本发明不限于在此例示的方式。例如,为了使载置台 11 上载置的半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 的内周面 30c 的间隔 L_1 变宽,可以如图 6 所示的聚焦环 25a 那样,在与半导体晶片 W 的外周面相对的外侧环部 30 的内周面 30c 上形成凹部 30d。通过这样形成凹部 30d 以充分扩大与半导体晶片 W 的外周面的间隔 L_1 ,能够使离子 I 更平滑地通过,直到半导体晶片 W 的周边部下方。此外,在该图 6 中说明的聚焦环 25a 的情况下,优选在外侧环部 30 的上面,省略倾斜面部 30a。

[0099] 此外,也可以如图 7 所示的聚焦环 25b 那样,使与地线 22 电连接的第二导电性部件 60 靠近通过绝缘部件 26 与载置台 11 绝缘的导电性部件 27 而配置,在导电性部件 27 与导电性部件 60 之间设置有第二绝缘部件(电介质)61。此外,在该图 7 所示的例子中,在导电性部件 27 的外侧设置有由绝缘材料构成的覆盖环(cover ring)62。

[0100] 在该聚焦环 25b 中,如图 8 所示,在等离子体处理中,成为在半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间产生电位差 V_e 、并且在导电性部件 27 与地线 22(导电性部件 60)之间产生电位差 V_g 的状态。在这种情况下,如果设半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间的静电容量为 C_e 、导电性部件 27 与地线 22 之间的静电容量为 C_g ,则半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 与静电容量 C_e 成反比,导电性部件 27 与地线 22 之间的电位差 V_g 与静电容量 C_g 成反比。这些电位差 V_e 、 V_g 、静电容量 C_e 、 C_g 之间,下述式(1)~(3)的关系成立。

$$[0101] \quad V_e + V_g = V_{\text{total}} \quad (1)$$

$$[0102] \quad C_e \times V_e = C_g \times V_g \quad (2)$$

$$[0103] \quad V_e = C_g \times V_{\text{total}} / (C_g + C_e) \quad (3)$$

[0104] 从式(3)可知,通过改变导电性部件 27 与地线 22 之间的静电容量 C_g ,能够使半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 改变。例如在图 7 所示的聚焦环 25b 中,通过改变导电性部件 27 与第二导电性部件 60 的靠近距离、改变设置在导电性部件 27 与导电性部件 60 之间的第二绝缘部件(电介质)61 的介电常数等方法,来改变导电性部件 27 与地线 22 之间的静电容量 C_g ,由此,能够使半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 改变。

[0105] 参照图 9 对该关系进行说明。在图 9 中,曲线 W' 表示等离子体处理中的半导体晶片 W 的电位的变化,曲线 27' 表示等离子体处理中的导电性部件 27 的电位的变化,直线 22' 表示地线 22 的电位。在图中,曲线 W' 与曲线 27' 之间的宽度是半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e ,曲线 27' 与直线 22' 之间的宽度是导电性部件 27 与地线 22 之间的电位差 V_g 。如该图 9 所示,在使导电性部件 27 与地线 22 之间的电位差 V_g 增大的情况下(图 9 的单点划线 27' 的情况下),半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 变小。相反,在使导电性部件 27 与地线 22 之间的电位差 V_g 减小的情况下(图 9 的两点划线 27' 的情况下),半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 变大。这样,通过改变导电性部件 27 与地线 22 之间的电位差 V_g ,能够改变半导体

晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 。

[0106] 在此,在图中 10 表示:在使用图 7 所示的聚焦环 27b 的等离子体处理装置 1 中,半导体晶片 W 周边部下面的聚合物附着量(右纵轴)和半导体晶片 W 的周边部上面的离子 I 的入射角(左纵轴),相对于半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 的变化的关系的模拟结果。此外,半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 和导电性部件 27 与地线 22(导电性部件 60)之间的电位差 V_g 的总和(V_{total})是一定的,根据式(3),半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 与静电容量比($C_g/(C_g+C_e)$)成比例,因此,图 10 中的横轴使用静电容量比($C_g/(C_g+C_e)$)代替电位差 V_e 。

[0107] 根据本发明人的模拟结果,如果使在半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间形成的电位差 V_e 增大(使静电容量比($C_g/(C_g+C_e)$)增大),则半导体晶片 W 的周边部下面的沉积物的产生减少,离子 I 的入射角有在朝向半导体晶片 W 的中心的方向上倾斜(入射角 $>90^\circ$)的趋势。相反,如果使在半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间形成的电位差 V_e 减小(使静电容量比($C_g/(C_g+C_e)$)减小),则半导体晶片 W 的周边部下面的沉积物的产生增加,离子 I 的入射角有在从半导体晶片 W 的中心朝向外侧的方向上倾斜(入射角 $<90^\circ$)的趋势。

[0108] 此外,为了更容易地使在半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间形成的电位差 V_e 改变,可以如图 11 所示的聚焦环 25c 那样,将通过绝缘部件 26 与载置台 11 绝缘的导电性部件 27,通过电容可变的电容器 65 与地线 22 电连接。

[0109] 在该聚焦环 25c 中,与前面在图 7、8 中说明的聚焦环 25b 同样,在等离子体处理中,成为在半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间产生电位差 V_e 、在导电性部件 27 与地线 22(导电性部件 60)之间产生电位差 V_g 的状态。根据该聚焦环 25c,能够通过操作电容可变的电容器 65,改变导电性部件 27 与地线 22 之间的静电容量 C_g ,因此,能够容易地改变半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 。通过这样改变半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间形成的电位差 V_e ,能够容易地调整与半导体晶片 W 的周边部下面碰撞的离子 I 的量。

[0110] 此外,为了改变在半导体晶片 W 与导电性部件 27 之间形成的电位差 V_e ,可以如图 12 所示的聚焦环 25d 那样,将可变直流电源 66 与通过绝缘部件 26 与载置台 11 绝缘的导电性部件 27 电连接。

[0111] 在该聚焦环 25d 中,与前面在图 7、8 中说明的聚焦环 25b 同样,在等离子体处理中,成为在半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间产生电位差 V_e 、在导电性部件 27 与地线 22(导电性部件 60)之间产生电位差 V_g 的状态。根据该聚焦环 25d,当操作可变直流电源 66 时,如图 13 所示,能够使导电性部件 27 与地线 22 之间的电位差 V_g 在图中向上下移动。在使电位差 V_g 向图中的下方移动的情况下(图 13 中的单点划线 27' 的情况下),半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 变小。相反,在使电位差 V_g 向图中的上方移动的情况下(图 13 中的两点划线 27' 的情况下),半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 变大。这样,通过操作与导电性部件 27 连接的可变直流电源 66,能够容易地改变半导体晶片 W(载置台 11)与导电性部件 27 之间的电位差 V_e 。

[0112] 此外,以上说明的聚焦环 25、25a、25b、25c、25d 都表示将配置在载置台 11 上的半导体晶片 W 周围外侧的外侧环部 30 和配置在半导体晶片 W 的周边部下方的内侧环部 31,作为导电性部件 27 一体地形成的形态,但外侧环部 30 与内侧环部 31 也可以构成为相互分

开的部件。此外,在构成为这样相互分开的部件的情况下,外侧环部 30 与内侧环部 31 可以相互电导通,也可以相互电绝缘。

[0113] 图 14 所示的聚焦环 25e 中,配置在载置台 11 上的半导体晶片 W 周围外侧的外侧环部 30 和配置在半导体晶片 W 的周边部下方的内侧环部 31,作为相互分开的部件而构成,外侧环部 30 和内侧环部 31 成相互电绝缘状态。在该聚焦环 25e 中,外侧环部 30 在与载置台 11 电导通的状态下放置在其上。另一方面,在内侧环部 31 与外侧环部 30 和载置台 11 之间,设置有绝缘部件 26,因此内侧环部 31 与外侧环部 30 和载置台 11 电绝缘。

[0114] 在具有该图 14 所示的聚焦环 25e 的等离子体处理装置 1 中,在等离子体处理中,外侧环部 30 与载置台 11 总是为相同的电位,在半导体晶片 W 与外侧环部 30 之间不产生电位差,但因为在内侧环部 31 与载置台 11 之间设置有绝缘部件 26,所以对施加在载置台 11 上的高频电力的阻抗变高,因此,成为仅在半导体晶片 W 与内侧环部 31 之间产生电位差 V_e 的状态。因此,在半导体晶片 W 的周边部下面与内侧环部 31 的上面之间,形成使等离子体中的离子 I 在朝向半导体晶片 W 的周边部下面的方向上加速的电场,能够减少半导体晶片 W 的周边部下面的沉积物的产生。此外,在该图 14 所示的聚焦环 25e 中,在半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 的内周面之间不产生电位差,因此,能够使等离子体中的离子 I 平滑地通过半导体晶片 W 的外周面与外侧环部 30 的内周面 30c 之间,使这样通过并到达半导体晶片 W 的周边部下方的离子 I,与半导体晶片 W 的周边部下面碰撞,能够进一步减少半导体晶片 W 的周边部下面的沉积物的产生。

[0115] 此外,在图 1 中表示了将等离子体生成用的频率比较高的高频电力供给处理腔室 10 的顶部的喷头 40(上部电极)的例子,但也可以如图 15 所示,构成为将供给等离子体生成用的频率比较高的高频电力的高频电源 42 和匹配器 41、以及供给偏置用的频率比较低的高频电力的高频电源 21 和匹配器 20 双方均与载置台 11 连接。

[0116] 此外,本发明也可应用于包含使以上说明的聚焦环 25、25a、25b、25c、25d、25e 以包围载置台 11 上的半导体晶片 W 的周围的方式配置在处理腔室 10 内的适当的支撑部件的聚焦环部件。在这种情况下,作为支撑聚焦环 25、25a、25b、25c、25d、25e 的支撑部件,例如可以举出载置台 11、排气环 35 等。此外,也可以将在图 7 中说明的第二导电性部件 60、第二绝缘部件 61 用于支撑部件。

[0117] 产业上的可利用性

[0118] 本发明能够在半导体装置的制造产业中使用。

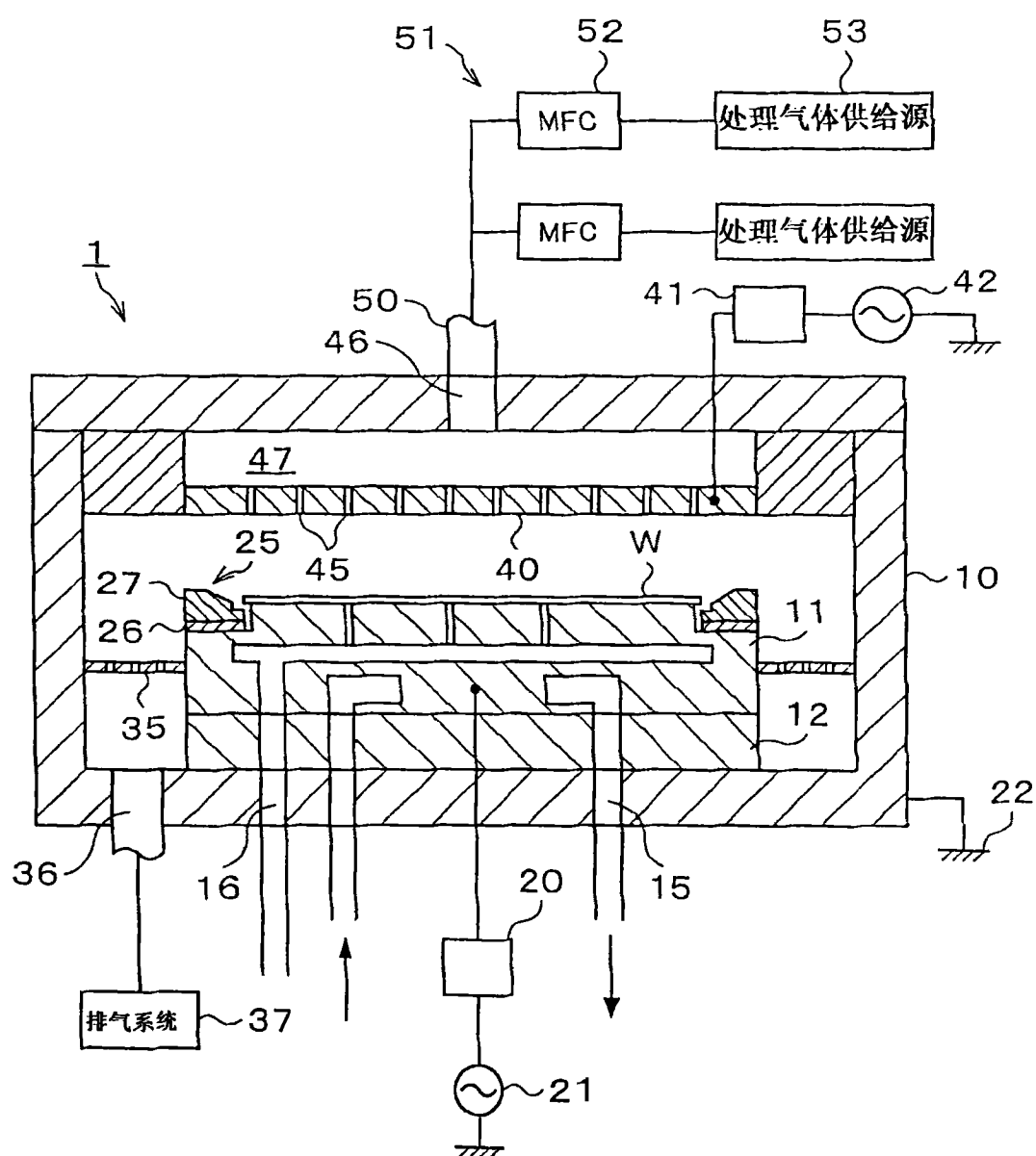


图 1

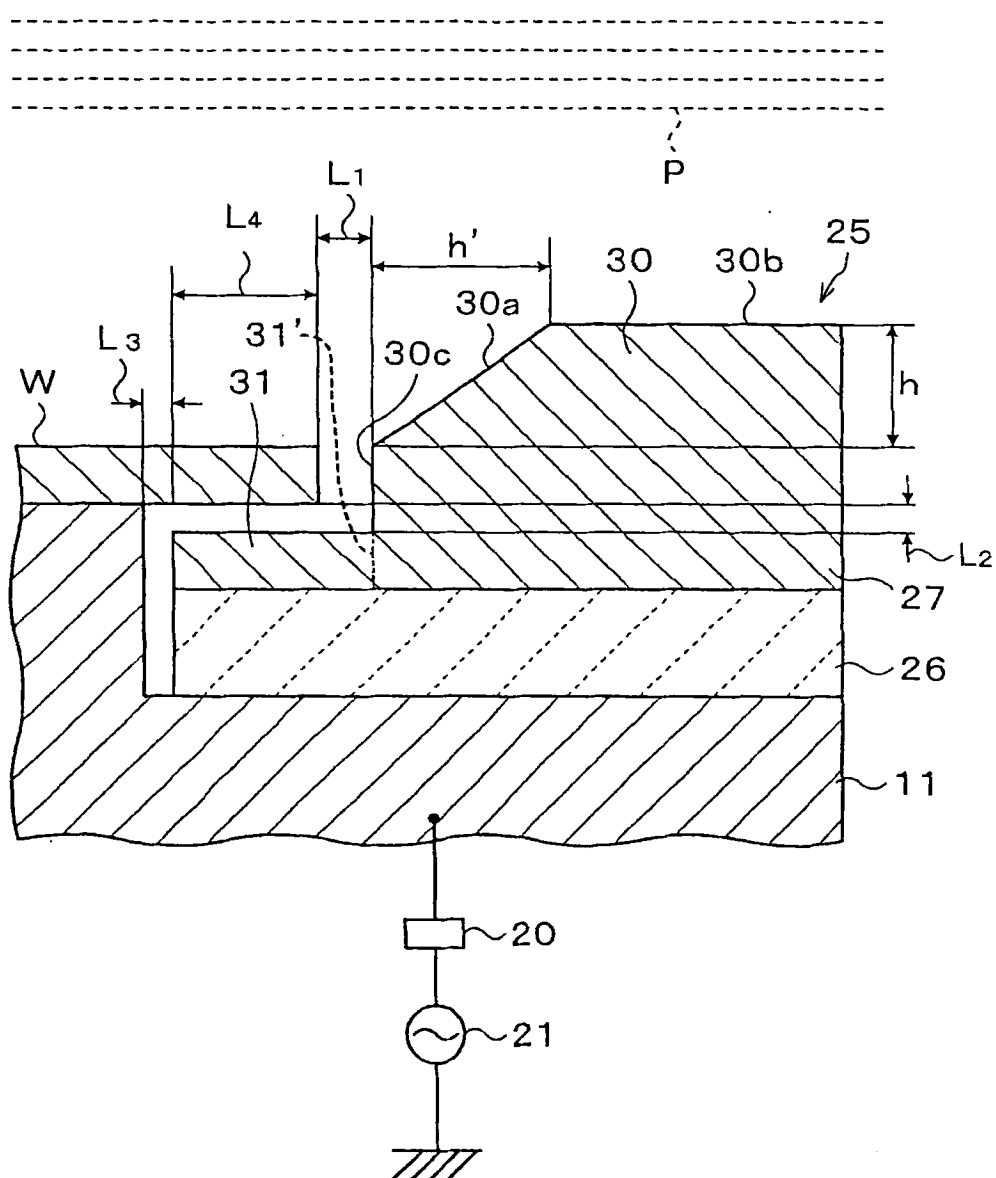


图 2

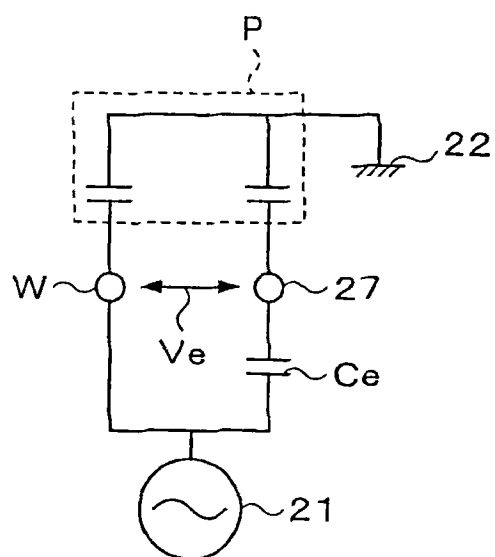


图 3

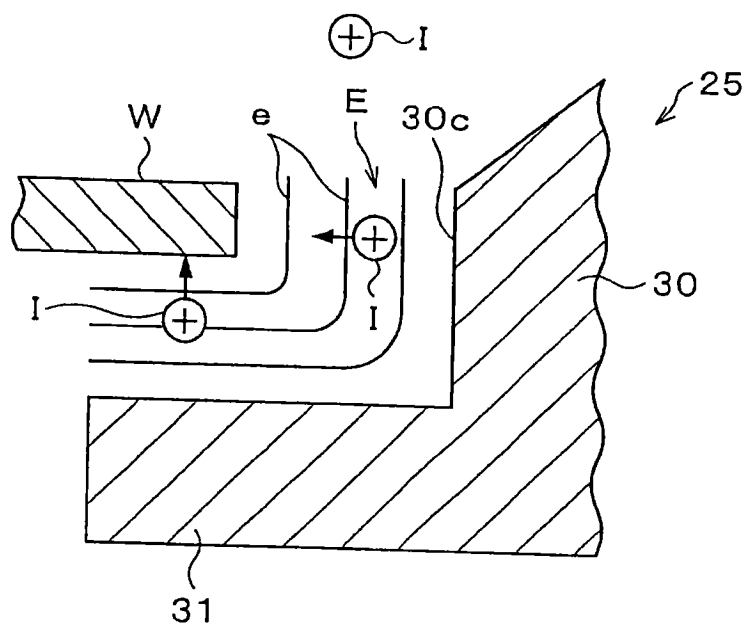


图 4

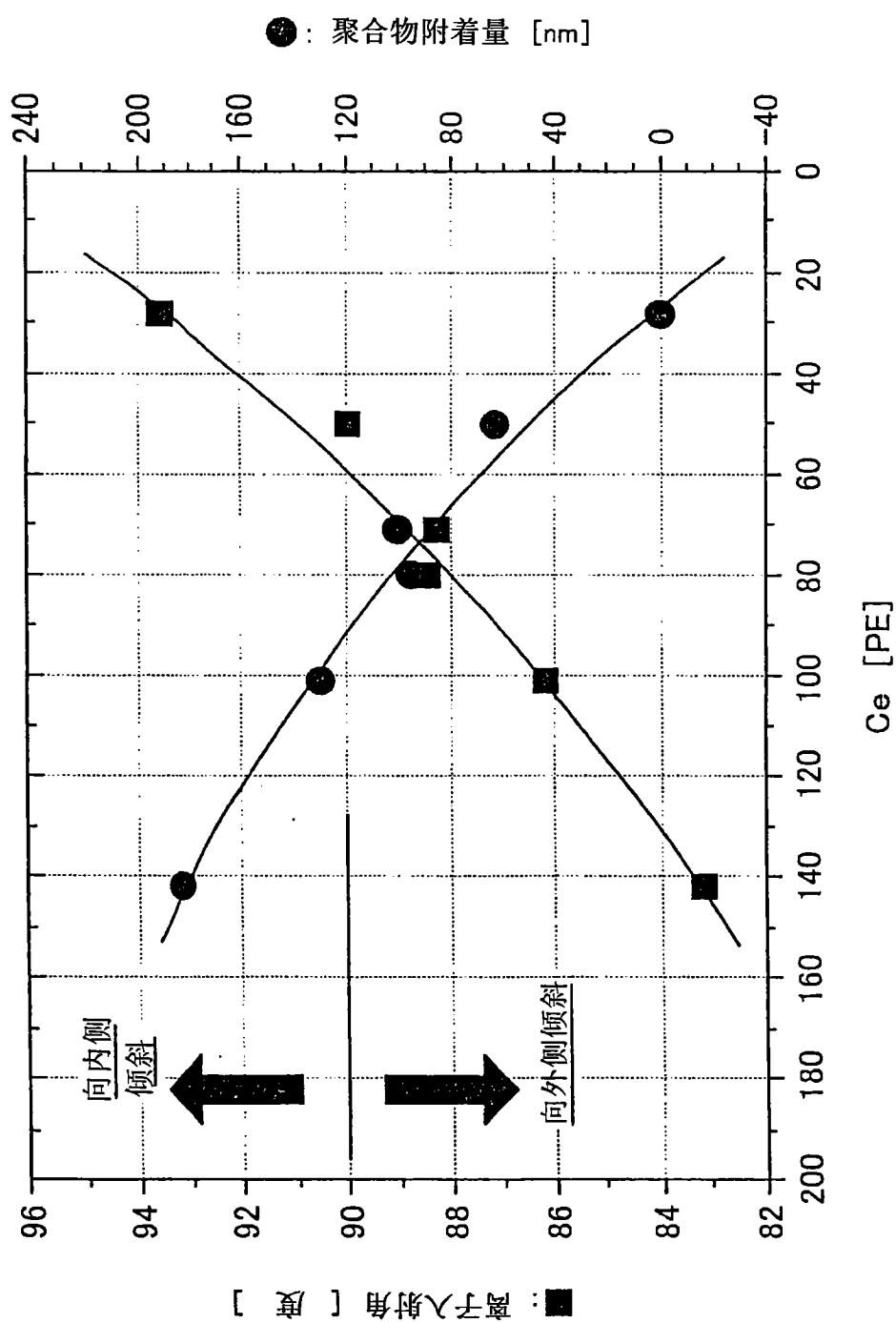


图 5

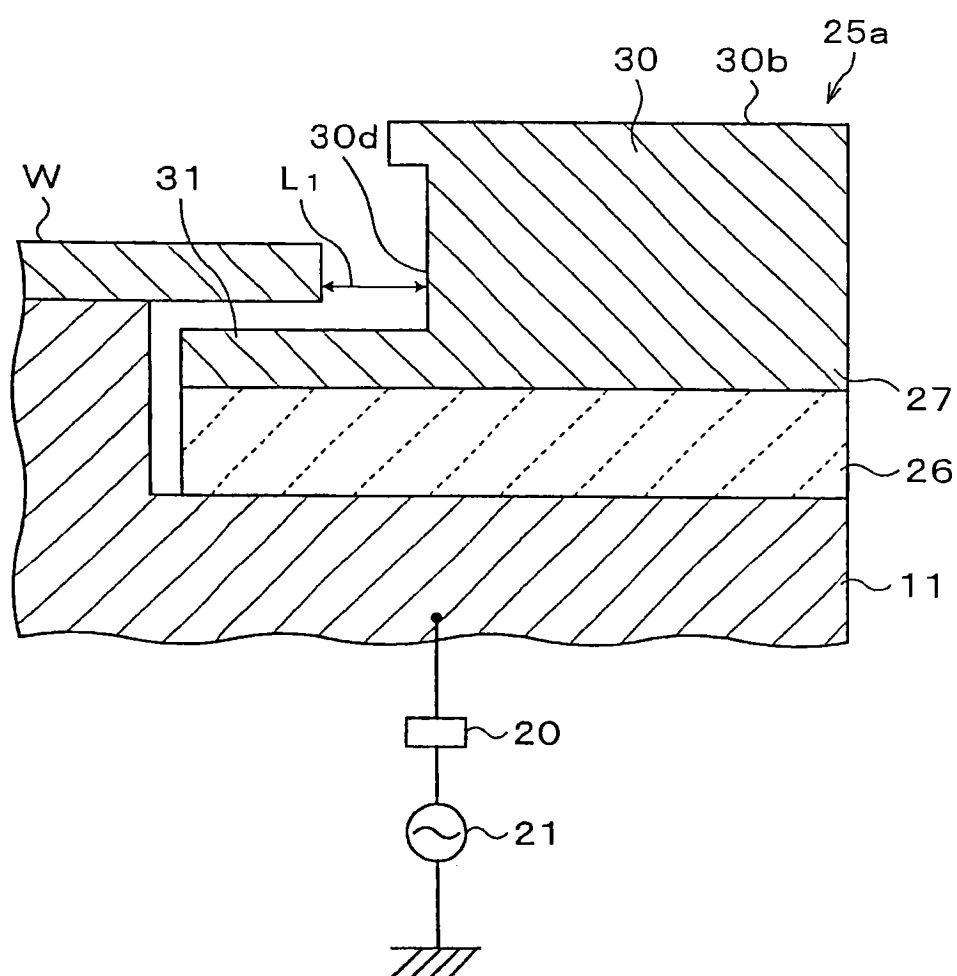


图 6

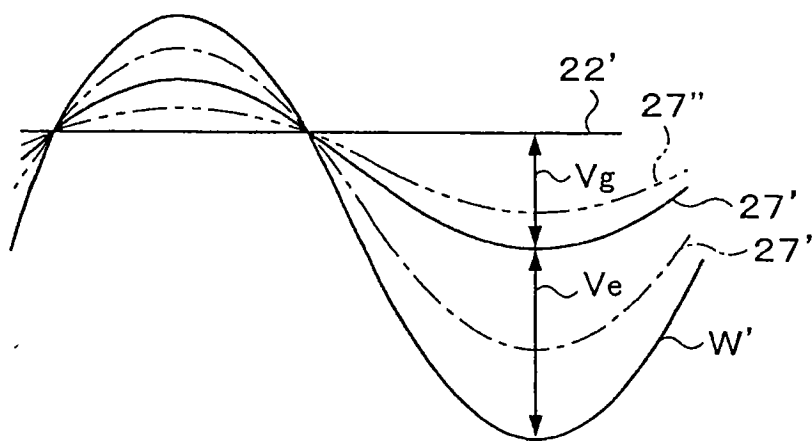


图 9

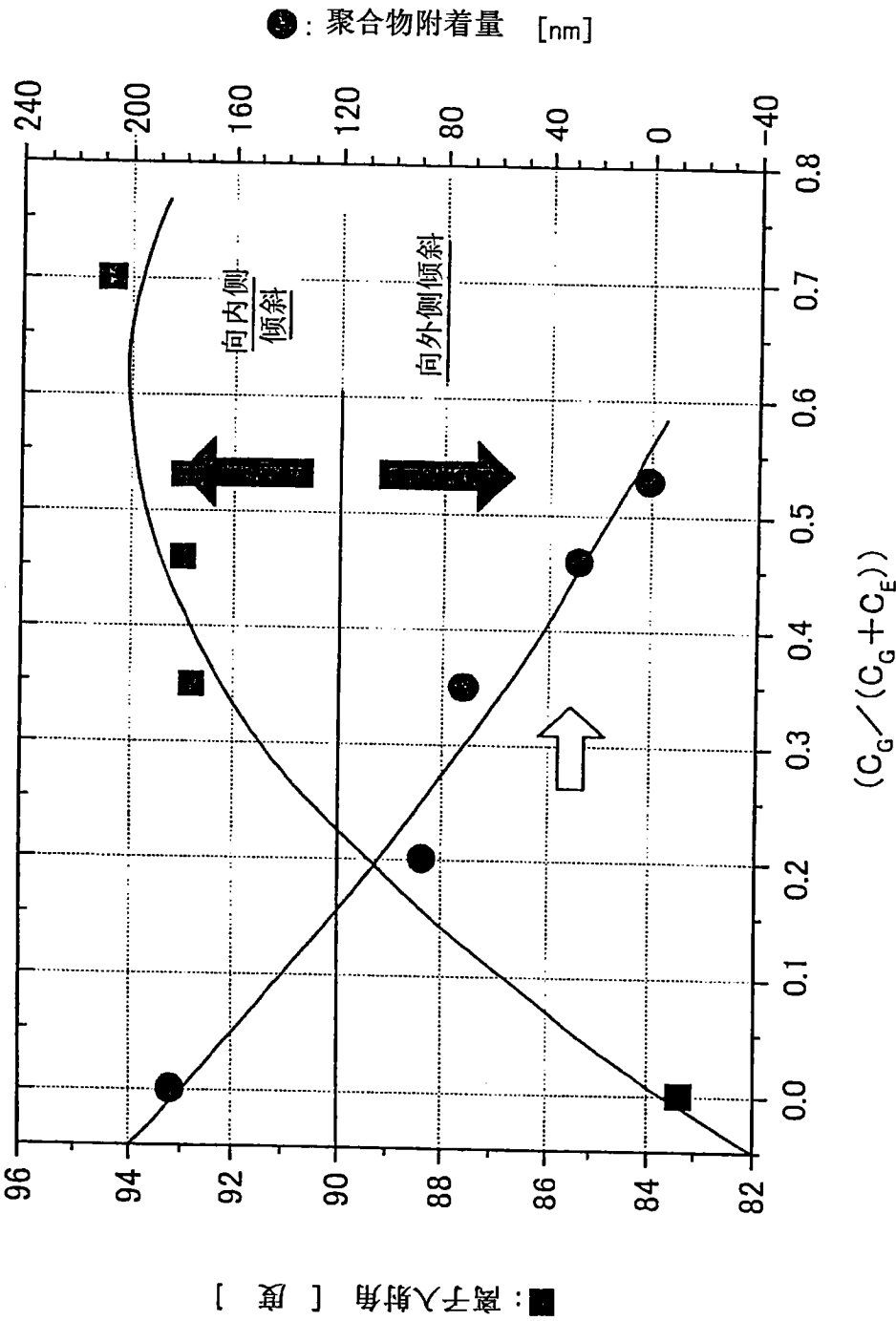


图 10

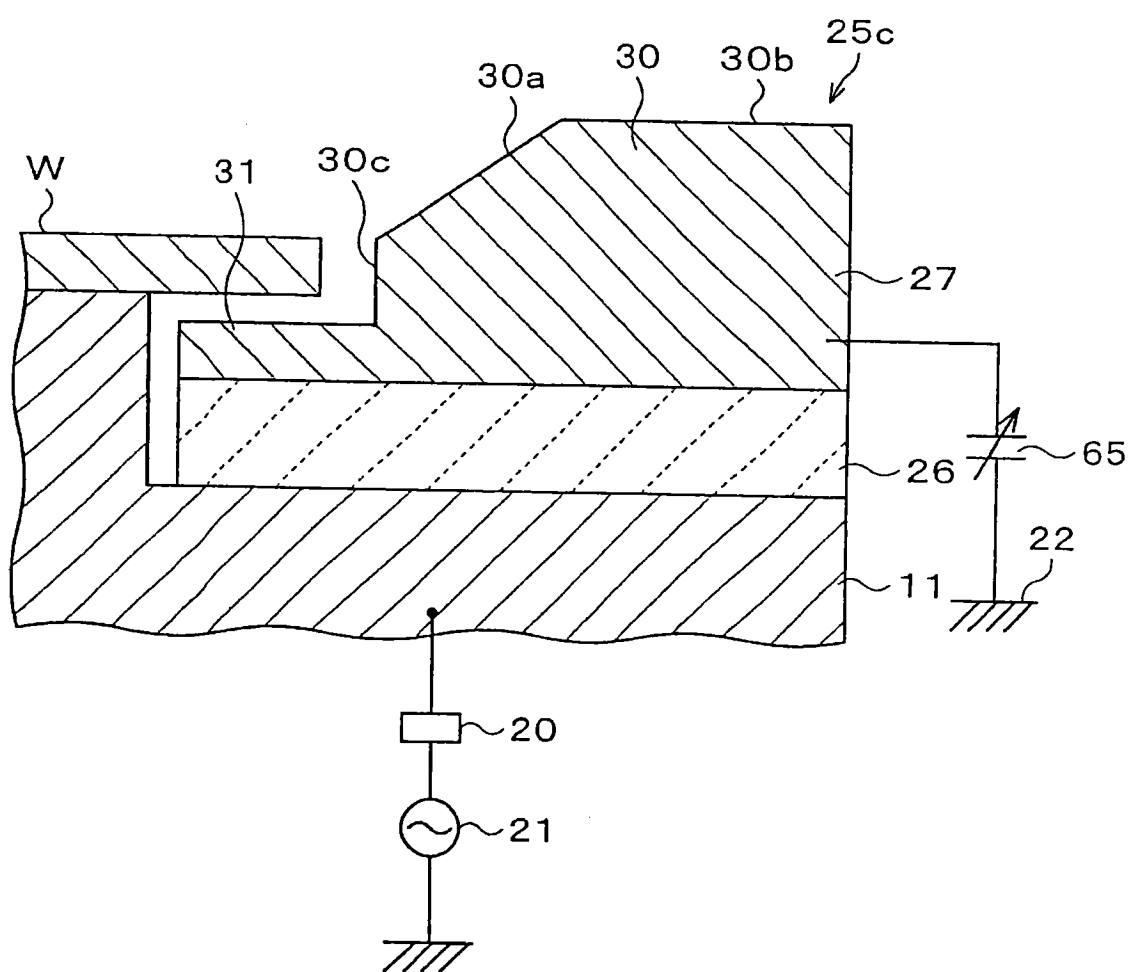


图 11

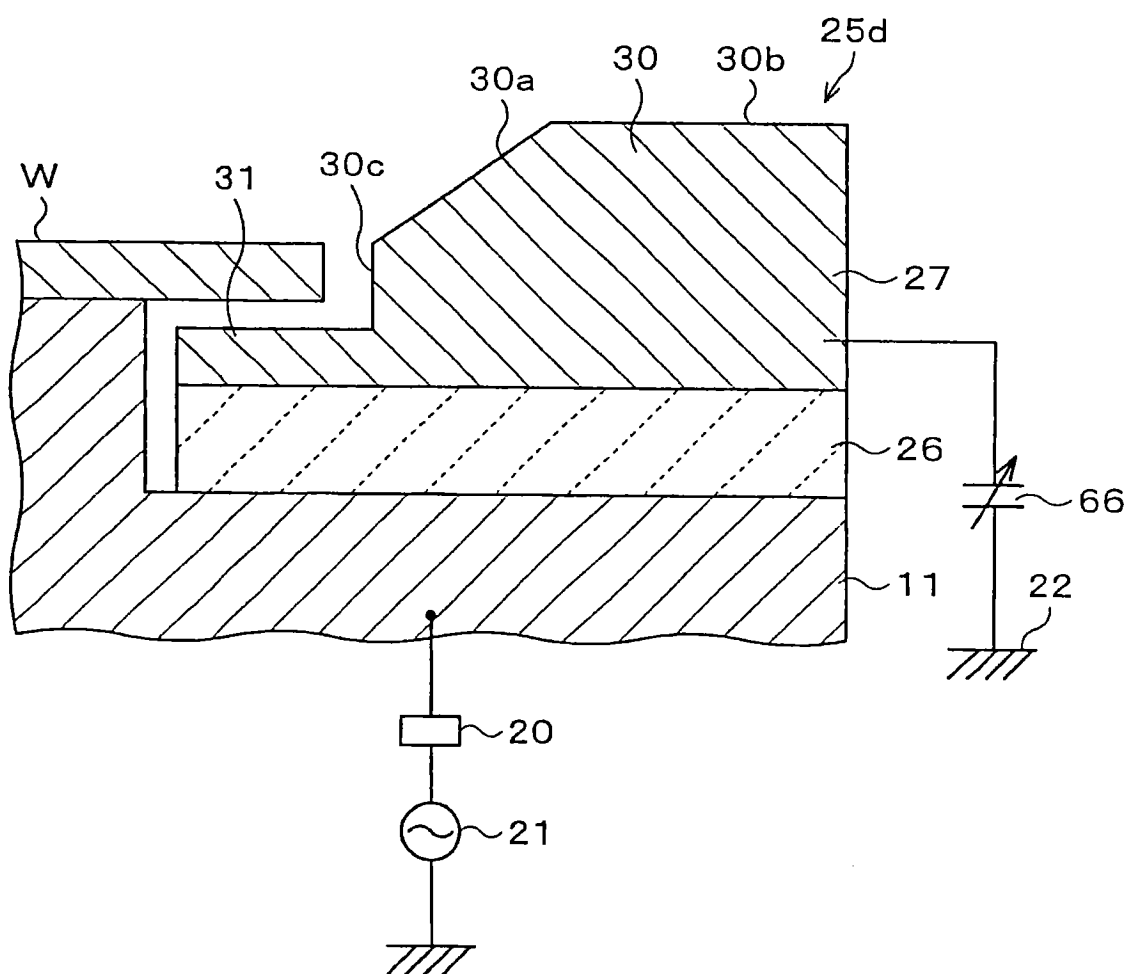


图 12

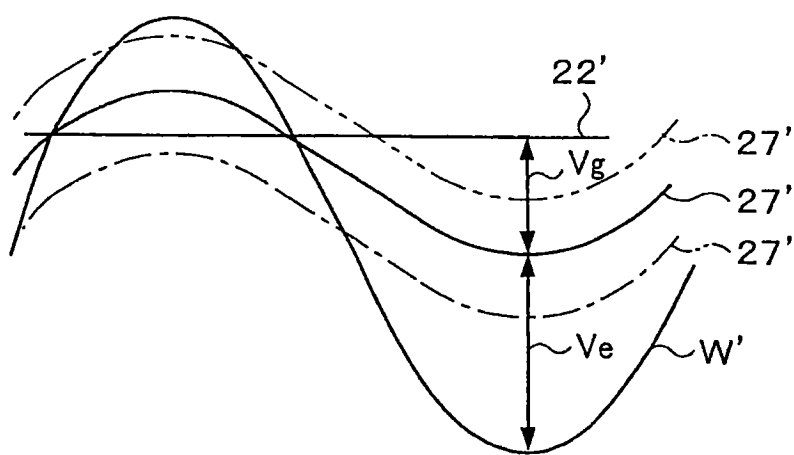


图 13

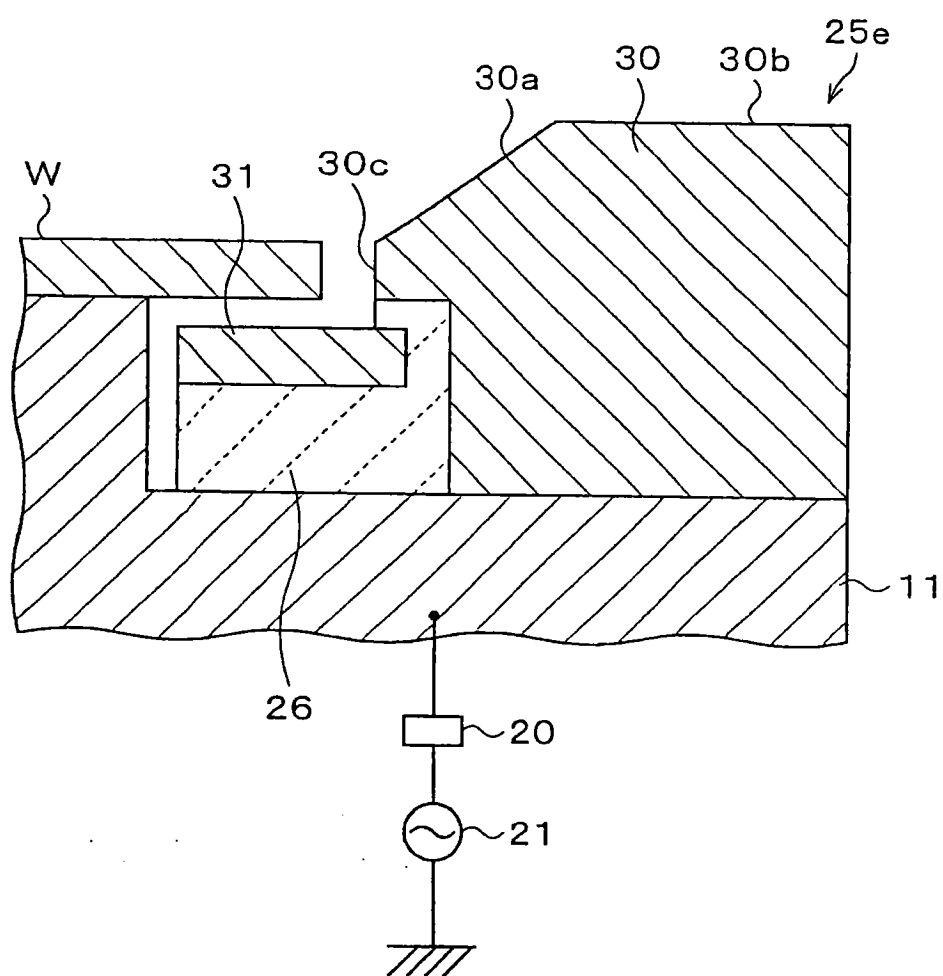


图 14

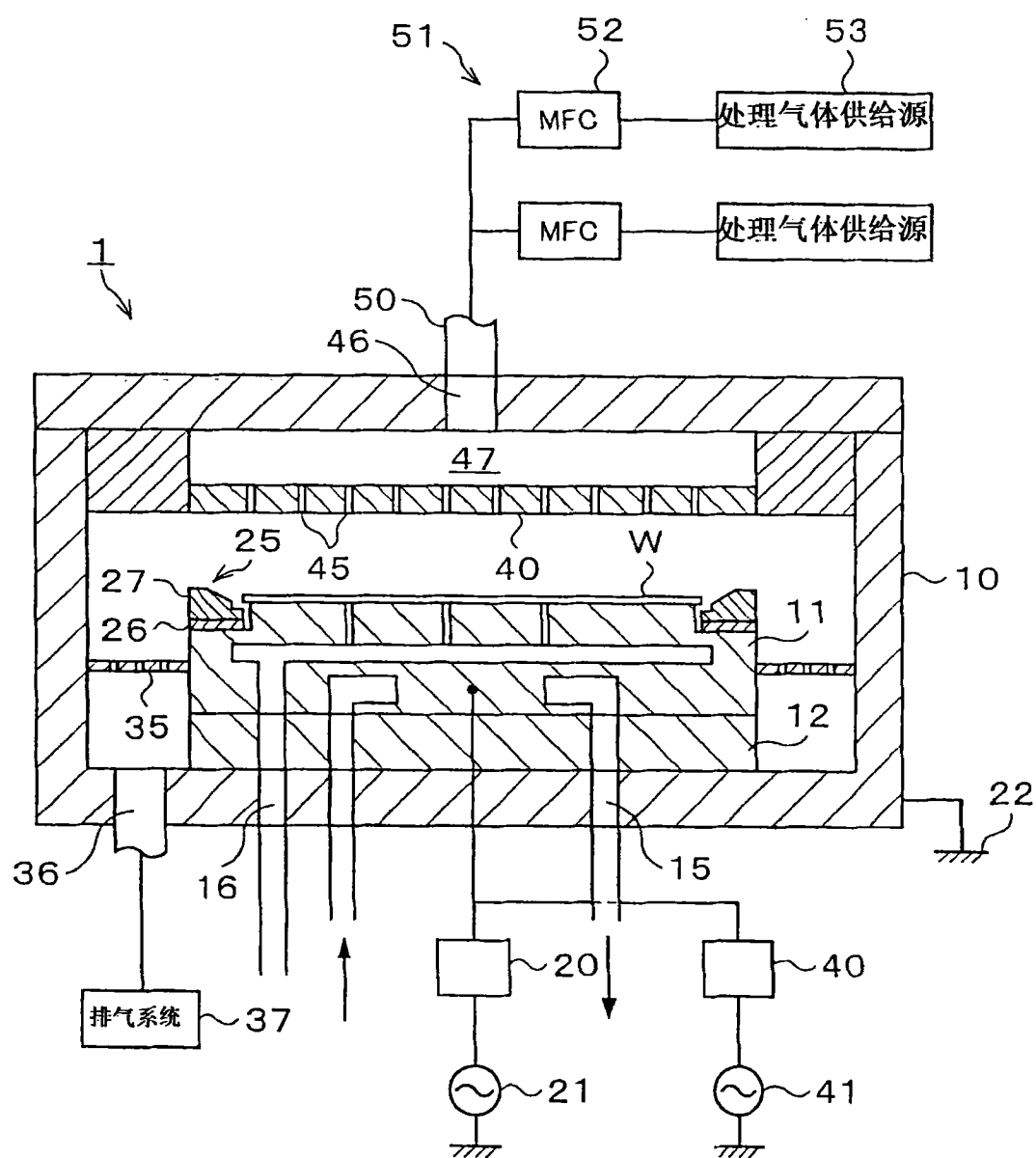


图 15