

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)

H01L 21/205 (2006.01)

H01L 21/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510063523.1

[45] 授权公告日 2009年7月29日

[11] 授权公告号 CN 100521103C

[22] 申请日 2005.4.8

[21] 申请号 200510063523.1

[30] 优先权

[32] 2004.4.8 [33] JP [31] 2004-114240

[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 岩崎征英 请井智聪

[56] 参考文献

WO03042424A1 2003.5.22

US4842707A 1989.6.27

US6196155B1 2001.3.6

CN1164122A 1997.11.5

US5304277A 1994.4.19

JP8-264515A 1996.10.11

审查员 林昭春

[74] 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

代理人 龙淳

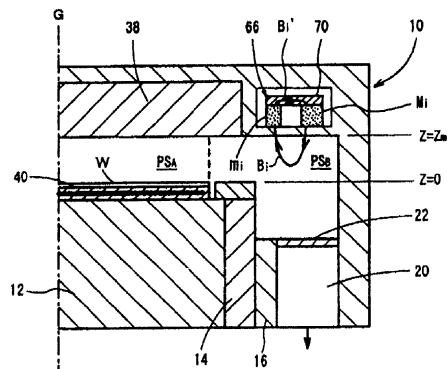
权利要求书4页 说明书13页 附图7页

[54] 发明名称

等离子体处理方法和等离子体处理装置

[57] 摘要

本发明提供一种等离子体处理装置及处理方法，在等离子体处理中，以简易且低成本而使高频放电容易开始，稳定维持放电，其特征为，从片段磁铁 (M_0) 下面 (N 极) 出发的磁力线的一部分 (B_M) 降落到正下方周边等离子体区域 (PS_B)，向上方作 U 型回转，到达圆周方向相邻的片段磁铁 (M_E) 下面 (S 极)。从片段磁铁 (m_E) 下面 (N 极) 发出的磁力线一部分 (B_m) 从降落到正下方的周边等离子体区域 (PS_B) 开始，向上方作 U 型回转，到达圆周方向相邻的片段磁铁 (m_0) 下面 (S 极)；此外，从外侧片段磁铁 (M_0) 下面 (N 极) 出发的磁线一部分 (B_C) 从降落到正下方周边等离子体区域 (PS_B) 开始，向上方作 U 型回转，到达半径方向相邻的内侧的片段磁铁 (m_0) 下面 (S 极)。



1、一种等离子体处理方法，向可减压的腔室内流入处理气体并形成高频电场，生成所述处理气体的等离子体，在大体水平地配置于设置在所述腔室内的下部电极上的被处理基板上，在所述等离子体下施以所希望的等离子体处理，其特征在于，

在所述腔室内的等离子体生成空间中，在比所述被处理基板的外周端还处于所述腔室的半径方向外侧的周边等离子体区域，磁力线通过该区域内，所述磁力线不通过比所述周边等离子区域更位于内侧的主等离子体区域内，并形成与所述等离子体的扩散方向正交的磁场，使得将所述等离子体封闭在所述磁场的内侧的等离子体生成空间，而且形成所述磁力线的始点和终点的方向相对于所述等离子体的扩散方向垂直、且所述磁力线的始点及终点至少一方相比于所述腔室侧壁而位于所述腔室的半径方向内侧的磁场，

在所述磁场中，所述磁力线始点及终点一起位于所述周边等离子体区域上方，从所述始点出发的所述磁力线在所述周边等离子体区域中或其下方作 U 型回转到达所述终点，或者，

在所述磁场中，所述磁力线始点及终点一起位于所述周边等离子体区域下方，从所述始点出发的所述磁力线在所述周边等离子体区域中或其上方作 U 型回转到达所述终点。

2、如权利要求 1 所述的等离子体处理方法，其特征在于，

在所述腔室内的等离子体生成空间中在相比于所述被处理基板的外周端而位于所述腔室的半径方向内侧的主等离子体区域的磁场为地磁水平以下。

3、如权利要求 1 所述的等离子体处理方法，其特征在于，

在所述腔室内隔开所希望的间隙而平行地配置上部电极和所述下部电极，在所述下部电极上载置所述基板，在所述上部电极和所述下部电极之间供给所述处理气体并施加高频电压，在由所述上部电极、所述下部电极和所述腔室侧壁包围的空间内设定所述等离子体生成空

间。

4、如权利要求 1~3 之一所述的等离子体处理方法，其特征在于，在所述磁场中，从所述腔室正上方看，所述磁力线沿着腔室半径方向延伸。

5、一种等离子体处理装置，其特征在于，具有：

可减压的腔室；

在所述腔室内大体水平地载置被处理基板的下部电极；

向设定在所述下部电极上方及周围的等离子体生成空间供给处理气体的处理气体供给部；

在所述等离子体生成空间形成高频电场的高频电场形成机构；和
磁场形成机构，在所述腔室内的等离子体生成空间中在相比于所述被处理基板的外周端而位于所述腔室的半径方向外侧的周边等离子体区域，磁力线通过该区域内，所述磁力线不通过比所述周边等离子体区域更位于内侧的主等离子体区域内，并形成与所述等离子体的扩散方向正交的磁场，使得将所述等离子体封闭在所述磁场的内侧的等离子体生成空间，而且形成所述磁力线的始点和终点的方向相对于所述等离子体的扩散方向垂直、且所述磁力线始点及终点至少一方相比于所述腔室侧壁而位于所述腔室的半径方向内侧的磁场，

所述磁场形成机构使分别赋与所述磁力线始点及终点的的第一及第二磁极一起向下而配置在所述周边等离子体区域上方，或者，使分别赋与所述磁力线始点及终点的的第一及第二磁极一起向上而配置在所述周边等离子体区域下方。

6、如权利要求 5 所述的等离子体处理装置，其特征在于，

所述磁场形成机构使在所述腔室内的等离子体生成空间内相比于所述被处理基板的外周端而位于所述腔室的半径方向内侧的主等离子体区域的磁场为地磁水平以下。

7、如权利要求 5 所述的等离子体处理装置，其特征在于，

在所述腔室内与所述下部电极隔开所希望的间隙而平行地配置上部电极，在由所述上部电极和所述下部电极和所述腔室的侧壁包围的空间内设定所述等离子体生成空间，通过所述高频电场形成机构在所述上部电极和所述下部电极之间施加高频，通过所述处理气体供给部把所述处理气体供给所述上部电极和所述下部电极之间。

8、如权利要求 5 所述的等离子体处理装置，其特征在于，使所述第一磁极和所述第二磁极沿所述腔室的半径方向隔开所希望的间隔而配置。

9、如权利要求 8 所述的等离子体处理装置，其特征在于，在所述第一及第二磁极之间，配置在半径方向外侧一方的磁量比配置在半径方向内侧一方的磁量大。

10、如权利要求 5 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述第一及第二磁极分别沿圆周方向隔开规定间隔而配置多个。

11、如权利要求 5 所述的等离子体处理装置，其特征在于，具有使所述第一及第二磁极一体地沿圆周方向旋转的磁极旋转部。

12、如权利要求 5~11 之一所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述第一及第二磁极至少一方由磁铁构成。

13、如权利要求 12 所述的等离子体处理装置，其特征在于，从所述周边等离子体区域侧看，与所述磁铁背面接触或接近而设有磁轭。

14、如权利要求 12 所述的等离子体处理装置，其特征在于，与靠近所述主等离子体区域的所述磁铁侧面接触或接近而设有磁轭。

15、如权利要求 5~11 之一所述的等离子体处理装置，其特征在于，
所述第一及第二磁极的一方由磁性体构成。

等离子体处理方法和等离子体处理装置

技术领域

本发明涉及在被处理基板上施以等离子体处理的技术，尤其是涉及利用高频放电生成等离子体的单片式等离子体处理方法及装置。

背景技术

在半导体器件或 FPD（平板显示器）制造工艺中的蚀刻、堆积、氧化、溅射等处理，为了对处理气体在较低温度下进行良好反应，多利用等离子体。通常，在等离子体处理装置，生成等离子体的方式大体分为利用辉光放电或高频放电的方式和利用微波的方式。

通常，在利用高频放电的单片式等离子体装置，在可减压的腔室内设置兼作电极的载置台或基座，在该基座上载置被处理基板（半导体晶片，玻璃基板等）。而且，从使腔室内减压到规定的真空度开始导入处理气体，在室内气体压力成为设定值的时刻，在电极上加高频。这样一来，处理气体开始放电，产生气体等离子体。在该等离子体下对基板表面或被处理面施以膜的微细加工处理（干蚀刻等）或成膜处理（化学气相生长）等。

在高频放电方式的等离子体处理装置，一旦气体压力低，由于气体分子的密度低，使放电开始（等离子体着火）或维持变难。尤其是在平行平板型的等离子体处理装置，不仅其倾向显著，而且无论使电极间隔变狭或者使电极间所加的 RF 电压变低，电子从电场得到的能量，进而使气体分子或原子电离的能量也变少，存在放电变得不稳定的倾向。因而，在等离子体处理中也有取低气体压力、狭电极间隔或加低 RF 电压作为所希望的处理条件的。例如，在各向异性蚀刻下，为了得到良好的垂直蚀刻形状，低气体压力有利，要求在低压领域下稳定的放电开始特性及放电维持特性。

历来，在众知适于放电的特别的高压条件下开始放电（例如参照专利文献 1）或者在不同种类的气体条件或加高 RF 条件下开始放电，

从放电稳定开始，转换为原来的处理条件的方法（ignition plasma 点火等离子体方式）。此外，众知通过微波或 UV 光助等离子体生成的方法也有效果。

[专利文献 1]特开 2003-124198 号公报。

因而，由于点火等离子体方式在一定时间使用与原来的处理条件不同的条件，所以存在对工艺过程影响或生产率低下的缺点。此外，用微波或 UV 光的方法不仅担心对工艺过程影响，而且存在所谓装置复杂化，增大装置成本的难点。其结果，只有利用 ECR（Electron Cyclotron Resonance 电子回旋谐振）等的微波等离子体方式。

发明内容

本发明鉴于上述所示的现有技术的问题而作的，其目的是提供简易且低价，高频放电的开始容易，稳定地维持放电的等离子体处理方法及等离子体处理装置。

本发明另外的目的是提供有效地高密度封闭被处理基板上的等离子体，使等离子体处理的反应速度或面内的均匀性提高的等离子体处理方法及等离子体处理装置。

为了达到上述目的，本发明的等离子体处理方法是在向可减压的腔室内流入处理气体并形成高频电场，生成前述处理气体的等离子体，在大体水平地配置在前述腔室内的规定位置处的被处理基板上在前述等离子体下施以所希望的等离子体处理的等离子体处理方法，在前述腔室内的等离子体生成空间内，在比前述基板外周端还位于前述腔室的半径方向内侧的主等离子体区域上作成实质上无磁场状态，在比前述基板外周端还位于前述腔室的半径方向外侧的周边等离子体区域，磁力线通过该区域内，并按照将前述等离子体封闭在相比于前述周边等离子体区域还位于内侧的主等离子体区域的方式形成与前述等离子体的扩散方向正交的磁场，而且前述磁力线的始点及终点的至少一方比前述腔室侧壁还位于前述腔室的半径方向内侧地形成磁场。

此外，本发明的等离子体处理装置具有：可减压的腔室；在前述腔室内大体水平地载置被处理基板的下部电极；向设定在前述下部电极上方及周围的等离子体生成空间供给处理气体的处理气体供给部；在前述等离子体生成空间形成高频电场的高频电场形成机构；和形成磁场的磁场形成机构，其中，在前述腔室内的等离子体生成空间中在

比前述基板外周端还位于前述腔室的半径方向内侧的主等离子体区域实质上构成无磁场状态，在比前述基板外周端还位于前述腔室的半径方向外侧的周边等离子体区域上磁力线在该区域内通过，并按照将前述等离子体封闭在相比于前述周边等离子体区域还位于内侧的主等离子体区域的方式形成与前述等离子体的扩散方向正交的磁场，而且形成前述磁力线的始点及终点的至少一方比前述腔室的侧壁还位于半径方向内侧的磁场。

在本发明，磁场形成机构在等离子体生成空间内周边等离子体区域内形成实质的磁场。据此，一旦高频电场形成机构在等离子体生成空间内形成高频电场，则在存在磁场的周边等离子体区域内最初处理气体开始放电，从那里出发瞬间扩大放电到等离子体生成空间全体，确立放电乃至生成等离子体。其后，由于在周边等离子体区域内磁场辅助高频放电，只要维持处理气体供给和加上高频，可以在等离子体生成空间全体稳定地维持放电乃至生成等离子体。这样一来，通过在周边等离子体区域内磁场成为高频放电开始的触发，辅助放电维持，例如即使在低气体压力条件下也容易使放电开始，可以稳定地维持放电。在另一方，因为磁场形成机构可以使主等离子体区域作成实质上无磁场状态，所以回避或降低磁场对电极上基板作用，赋予损伤或变形的可能性。

在本发明，通过磁场形成机构形成如帘幕那样包围主等离子体区域周围的重直型磁场（与等离子体扩散方向正交的磁场）。据此，可使主等离子体区域内的等离子体不向外逃逸地，有效果地而且有效率地封闭在内侧，谋求在主等离子体区域内等离子体的高密度化以及均匀化，进而可谋求提高等离子体处理的反应速度或面内均匀性。

在通过磁场形成机构形成的磁场内，磁力线始点及终点至少一方比腔室侧壁还位于半径方向内侧。据此，使其内侧配置的始点或终点上将该磁极部件的尺寸或设置数抑制在必需的最低限，可以在周边等离子体区域内形成高密度磁场。

在本发明合适的一形态的平行平板型等离子处理装置，在腔室内与下部电极隔开所希望的间隙而平行地配置上部电极，被上部电极和下部电极和腔室侧壁包围的空间内设定等离子体生成空间，通过高频形成机构在上部电极和下部电极之间加高频波，通过处理气体供给部在上部电极和下部电极之间供给处理气体。

根据本发明合适的一形态，磁力线始点及终点均位于周边等离子

体区域的上方，从始点出发的磁力线在周边等离子体区域中或其下方作 U 型回转地到达终点形成磁场。装置上，磁场形成机构可以使分别赋与磁力线始点及终点的的第一及第二磁极一起向下而配置在周边等离子体区域上方。优选使第一磁极和第二磁极沿腔室半径方向以所希望的间隔配置。此外，优选使第一及第二磁极之间配置在半径方向外侧一方的磁量比配置在半径方向内侧一方的磁量大。

或者，作为另外的合适的一形态，磁力线的始点及终点一起位于周边等离子体区域下方，从始点出发的磁力线在周边等离子体区域中或其上方作 U 型回转而到达终点地形成磁场。在装置上，磁场形成机构可以使分别赋与磁力线始点及终点的的第一及第二磁极一起向上而配置在周边等离子体区域下方。在这种情况下，优选在腔室半径方向以所希望的间隔放置第一磁极和第二磁极配置的构成或者在第一及第二磁极之间配置在半径方向外侧一方的磁量比配置在半径方向内侧一方的磁量还大的构成。为了使圆周方的磁场强度分布均匀化，也可以使第一及第二磁极一体地沿着圆周方向旋转。

如上所示，根据使分别赋与磁力线始点及终点的的第一及第二磁极一起向下或向上配置在周边等离子体区域上方或下方并在周边等离子体区域内使磁力线作 U 型回转的磁力线环（loop）构造，在提高周边等离子体区域内的磁通密度的同时，可以有效地防止磁力线流入主等离子体区域侧。

根据本发明另外的合适的一形态，使磁力线始点及终点分别位于周边等离子体区域上方及下方，并使从始点出发的磁力线从上向下横切周边等离子体区域而到达终点地形成磁场。装置上，磁场形成机构可以使分别赋与磁力线始点及终点的的第一及第二磁极向下及向上而配置在周边等离子体区域上方及下方上。或者磁力线的始点及终点分别位于周边等离子体区域下方及上方，并使从始点出发的磁力线从下向上横切周边等离子体区域而到达终点地形成磁场。装置上，磁场形成机构可以使分别赋与磁力线始点及终点的的第一及第二磁极向上及向下而配置在周边等离子体区域下方及上方。即使在这样的磁力线构造上，即使是简易及低成本的构成，在提高周边等离子体区域的磁通密度的同时，也可以有效地防止磁力线流入主等离子体区域侧。

根据本发明的等离子体处理方法或等离子体处理装置，通过上述所示构成和作用，可以简易且低成本，容易开始高频放电，稳定地维持放电。此外，可以有效果地高密度地封闭被处理基板上的等离子体，提高等离子体处理的反应速度或面内均匀性。

附图说明

图 1 是示出本发明一实施方式的等离子体蚀刻装置构成的截面图。

图 2 是示出实施方式的磁场形成机构主要部分构成的立体图。

图 3 是示出实施方式的磁场形成机构主要部分构成的截面图。

图 4A 是示出一实施例的等离子体生成空间内磁场强度分布的曲线图。

图 4B 是示出一实施例的等离子体生成空间内磁场强度分布的曲线图。

图 5 是示意地示出实施方式的磁场形成机构一作用的大体截面图。

图 6 是示出实施方式的磁场形成机构的一变形例构成的截面图。

图 7 是示出图 6 的变形例主要部分的平面图。

图 8 是示出一实施例的磁场形成机构主要部分构成的截面图。

图 9 是示出一实施例的磁场形成机构主要部分构成的截面图。

图 10 是示出一变形例的磁场形成机构主要部分构成的截面图。

图 11 是示出一变形例的磁场形成机构主要部分构成的截面图。

符号说明：10 腔室，12 基座（下部电极），20 排气通道，28 排气装置，32 高频电源，38 浇淋头（上部电极），62 处理气体供给部，66 磁场形成机构，70 磁轭，78 电动马达，80 磁轭， M_i 外侧片段磁铁， m_i 内侧片段磁铁， $\langle M_i \rangle$ 磁铁，K 磁性体。

具体实施方式

以下，参照附图，对本发明的合适的实施方式加以说明。

图 1 示出本发明一实施方式的等离子体处理装置的构成。该等离子体处理装置作成平行平板型离子体蚀刻装置构成，例如具有铝或不锈钢等金属制圆筒型腔室（处理容器）10。腔室 10 保护性接地。

在腔室 10 内设置了载置作为被处理基板的例如半导体晶片 W 的

圆板状的下部电极或基座 12。该基座 12 例如由铝构成，经绝缘性的筒状保持部 14，支撑在从腔室 10 的底部垂直向上方延伸的筒状支撑部 16。在筒状保持部 14 上面配置环状地包围基座 12 上面的例如由石英构成的聚焦环 18。

在腔室 10 的侧壁和筒状支撑部 16 之间形成排气通道 20，在该排气通道 20 入口或途中安装环状的挡板 22 的同时，在底部设置排气口 24。在该排气口 24 上经排气管 26 连接排气装置 28。排气装置 28 具有真空泵，可使腔室 10 内的处理空间减压直到规定真空度。在腔室 10 的侧壁上安装用于开闭半导体晶片 W 的搬入搬出口的闸阀 30。

等离子体生成用高频电源 32 经匹配器 34 及供电棒 36 与基座 12 电连接。该高频电源 32 在下部电极即基座 12 上加所希望的高频率，例如 60MHz 的高频。与基座 12 平行地对置，在腔室 10 的顶部上作为接地电位的上部电极设置后述的浇淋头 38。通过从高频电源 32 来的高频波在基座 12 和浇淋头 38 之间的空间，即等离子体生成空间 PS 形成高频电场。

在这里，等离子体生成空间 PS 常常不限于比基座 12 及浇淋头 38 的外周端还位于半径方向内侧的空间，比其还向位于半径方向外侧的空间扩展，延伸到腔室 10 的内壁或侧壁。在本发明，在等离子体生成空间 PS 中，对比基座 12 上载置的基板 W 的外周端还位于半径方向内侧的区域 PS_A 称为“主等离子体区域”，对“主等离子体区域”的外侧，即比基板 W 外周端还位于半径方向外侧的区域 PS_B 称为“周边等离子体区域”。

在基座 12 的上面设置有用通过静电吸力保持半导体晶片 W 的静电卡盘 40。该静电卡盘 40 在一对绝缘膜 40b、40c 之间夹入由导电膜构成的电极 40a，直流电源 42 经开关 43 电连接电极 40a。通过从直流电源 42 来的直流电压通过库伦力可使半导体晶片 W 吸附保持在卡盘上。

在基座 12 内部设置例如向圆周方向延伸的冷却介质室 44。通过冷却单元(chill unit)46 经配管 48、50 循环供给规定温度的冷却介质例如冷却水到该冷却介质室 44。通过冷却介质的温度控制静电卡盘 40 上的半导体晶片 W 的处理温度。此外，从传热气体供给部 52 来的传热气体

例如 He 气经气体供给管路 54 供给到静电卡盘 40 上面和半导体晶片 W 背面之间。

顶部的浇淋头 38 具有包含多个气体通气孔 56a 的下面电极板 56 和可装卸地支撑该电极板 56 的电极支撑体 58。在电极支撑体 58 内部设置缓冲室 60。从处理气体供给部 62 来的气体供给配管 64 与该缓冲室 60 的气体导入口 60a 连接。

在腔室 10 的顶部上，在周边等离子体区域 PS_B 上方（优选在浇淋头 38 周围）上设置环状或同心状地延伸的磁场形成机构 66。该磁场形成机构 66 用于使腔室 10 内的等离子体生成空间 PS 的高频放电开始容易，稳定地维持放电而发挥功能。关于磁场形成机构 66 的详细构成和作用以在后详述。

控制部 68 控制该等离子体蚀刻装置内的各部，例如排气装置 28、高频电源 32、静电卡盘用开关 43、冷却单元 46、传热气体供给部 52 及处理气体供给部 62 等的动作，也连接主计算机（未图示）。

在该等离子体蚀刻装置，为了进行蚀刻，首先，使闸阀 30 处于打开状态，把加工对象的半导体晶片 W 搬入腔室 10 内，在基座 12 上载置。其次，从直流电源 42 把直流电压加到静电卡盘 40 的电极 40a 上，使半导体晶片 W 固定在静电卡盘 40 上。而且，从处理气体供给部 62 把蚀刻气体（通常为混合气体）以规定流量及流量比导入腔室 10 内，通过排气装置 28 使腔室 10 内的压力达到设定值之后，从高频电源 32 以规定功率把高频波供给基座 12。从浇淋头 38 喷出的蚀刻气体在等离子体生成空间 PS 内进行放电而等离子体化，通过由该等离子体生成的自由基或离子对半导体晶片 W 的主面进行蚀刻。

在该等离子体蚀刻装置，腔室顶部的磁场形成机构 66 限定等离子体生成空间 PS 内周边等离子体区域 PS_B ，形成实质上的磁场。据此，一旦从高频电源 32 来的高频加到基座 12 上，则在存在磁场的周边等离子体区域 PS_B 内蚀刻气体最先开始放电，从那里开始，在瞬间放电扩展到等离子体生成空间 PS 全体，确立辉光放电乃至等离子体生成。其后，由于在周边等离子体区域 PS_B 内磁场辅助或维持高频放电，所以只要维持蚀刻气体的供给和高频的施加，也可以在等离子体生成空间 PS 全体内稳定地维持放电乃至等离子体生成。

在这里，磁场对高频放电开始或维持起良好作用是由于在高频电场下漂移运动的电荷（主要为电子）通过磁场而受到力（劳伦兹力，Lorentz），沿力的方向产生加速度，增大了使气体分子或原子电离的能量。在周边等离子体区域 PS_B ，主要在腔室 10 的内壁（顶部及侧壁）和下部电极 12 之间形成高频电场。

这样一来，通过在周边等离子体区域 PS_B 内磁场成为高频放电开始的触发器，辅助放电维持，即使在低压力（例如 10mTorr 以下），即使狭电极间隔、低 RF 施加电压条件下，也可以容易开始放电，稳定地维持放电。作为一例，在作为蚀刻气体用 HBr 作为单一气体的多晶硅的蚀刻，按照现有技术一旦气体压力在 5mTorr 以下，放电开始（等离子体着火）是困难的，然而根据本实施方式已确认，即使气体压力在 5mTorr 以下，也可开始放电，可以稳定地维持放电。

在另一方面，磁场形成机构 66 在主等离子体区域 PS_A 实质上形成无磁场状态。据此，可以回避或降低磁场作用在基座 12 上的半导体晶片 W 上而对晶片上器件带来损伤或应力的可能性。在这里，对晶片上器件不给与损伤或应力那样的磁场，在磁场强度方面优选在地磁水平以下的状态，然而往往甚至达到 5G 程度也无障碍（称为实质上的无磁场状态）。

图 2 及图 3 示出磁场形成机构 66 的构成和作用。如图 2 所示，磁场形成机构 66 由在腔室半径方向上置以一定间隔而排列的一对分段（segment）磁铁 M_i 、 m_i 构成 1 组磁场形成单元 $[M_i, m_i]$ ，优选使 N 组（N 是 2 以上的整数）的磁场形成单元 $[M_1, m_1]$ ， $[M_2, m_2]$ ， \dots ， $[M_N, m_N]$ 沿圆周方向，置以一定间隔排列。

在各磁场形成单元 $[M_i, m_i]$ 上，半径方向外侧的片段磁铁 M_i 具有长方体形状，使 N 极面向下方配置。另一方面，半径方向内侧的片段磁铁 m_i 具有长方体形状，使 S 极面向下方配置。两片段磁铁 M_i ， m_i 也可以由永久磁铁例如稀土类磁铁（钕钴磁铁，钕磁铁等）构成。

根据这样的磁极配置构造，从外侧片段磁铁 M_i 的下面（N 极）发出的磁力线 B_i 从下降到正下方的周边等离子体区域 PS_B 内开始描出抛物线地向上方作 U 型回转，到达内侧片段磁铁 m_i 的下面（S 极）。即便在相邻的磁场形成单元 $[M_{i+1}, m_{i+1}]$ ，在从上述磁场形成单元 $[M_i, m_i]$

出发而沿圆周方向离开规定角度间隔（例如 $N=24$ 的情况下为 15° ）的位置上，形成具有与上述同样的环的磁力线 B_{i+1} 。

如图 3 所示，各磁场形成单元 $[M_i, m_i]$ 上设置用于将外侧片段磁铁 M_i 背面或上面（S 极）和内侧片段磁铁 m_i 的背面或上面（N 极）磁耦合用的磁轭 70。通过该背面磁轭构造，从内侧片段磁铁 m_i 背面（N 极）发出的磁力线 B_i 大部分通过磁轭 70 之中，到达外侧片段磁铁 M_i 的背面（S 极）。磁轭 70 也可以通过覆盖全部的磁场形成单元 $[M_1, m_1]$, $[M_2, m_2]$, \dots , $[M_N, m_N]$ 地环状形成。

这样一来，在各磁场形成单元 $[M_i, m_i]$ 从外侧片段磁铁 M_i 的下面（N 极）出发的磁力线 B_i 从下降到正下方的周边等离子体区域 PS_B 内开始，并不向四方发散地向上方作 U 型回转，到达内侧片段磁铁 m_i 下面（S 极）这一点是重要的。通过这样的磁力线环构造，在提高周边等离子体区域 PS_B 内的磁通密度的同时，可以有效地防止磁力线向主等离子体区域 PS_A 侧的流入。为了进一步提高这样的磁力线环构造的作用效果，优选在外侧片段磁铁 M_i 和内侧片段磁铁 m_i 之间相对地增大离基板 G 远的前者 M_i 的磁量（磁极强度），减小离基板 G 近的后者 m_i 的磁量（磁极强度）。

在本实施方式，磁场形成机构 66 的各部（尤其是各磁场形成单元 $[M_i, m_i]$ ）配置在周边等离子体区域 PS_B 上方即比腔室 10 侧壁还位于半径方向内侧上这一点是重要的。根据这样的磁极配置构造，与在腔室 10 侧壁外配置磁场形成单元的构造比较，由于相对于腔室中心的半径距离及环绕距离特别短，所以可大幅度降低用于在周边等离子体区域 PS_B 内形成合适轮廓的磁场的磁铁或磁极个数及磁量（与尺寸或体积成比例），可将伴随磁场形成机构 66 的装备的装置尺寸及成本增大抑制在必要的最低限。在这里，所谓在周边等离子体区域 PS_B 内形成的磁场的合适轮廓指的是对主等离子体区域 PS_A 没有磁影响，在尽可能接近主等离子体区域 PS_A 的位置上得到强磁场那样的轮廓。

在图 4A 及图 4B，示出一实施例的等离子体生成空间 PS 内的磁场强度分布。在该实施例，作为被处理基板 W 设想 300mm 口径的半导体晶片，腔室 10 内径设定在约 260mm，电极间隔（间隙 gap）设定在 25mm。图 4A 示出上部电极 38 下面的高度位置（电极间隙顶部位置，

$Z=25\text{mm}$)的半径方向磁场强度分布(圆周方向的平均值)。图4B示出在基座12上载置的半导体晶片W上面的高度位置(电极间隙底部位置: $Z=0\text{mm}$)的半径方向磁场强度分布(圆周方向的平均值)。图中实线示出通过上述所示的磁场形成机构66得到的特性(实施例),虚线示出在磁场形成机构66省略各内侧片段磁铁 m_i 的情况的特性(参考例)。

如图4A及图4B所看到的,在参考例中由于从外侧片段磁铁 M_i 下面(N极)出发的磁力线 B_i 容易向四方发散,所以磁场不止于周边等离子体区域 PS_B 内,也到达主等离子体区域 PS_A 。与此相反,在实施例,如上述所示,由于从外侧片段磁铁 M_i 下面(N极)出发的磁力线 B_i 不向四方发散地作U型回转,被内侧片段磁铁 m_i 吸收,所以磁场止于等离子体区域 PS_B 内,几乎不能到达主等离子体生成区域 PS_A 内。实际上,根据实施例的磁场形成机构66,可在主等离子体区域 PS_A 使磁场强度衰减到地磁水平以下(例如 0.5G)。此外,周边等离子体区域 PS_B 内峰值为 $40\text{G}\sim 450\text{G}$,可以得到触发高频放电开始,辅助维持放电的充分的磁场强度。

图4A及图4B的磁场强度分布是位于电极间间隙顶部位置($Z=25\text{mm}$)及电极间间隙底部位置($Z=0\text{mm}$)的分布,然而可容易理解在电极间的中间部($0\text{mm}<Z<25\text{mm}$)得到图4A、图4B的中间磁场强度分布。

这样一来,在各磁场形成单元 $[M_i, m_i]$,从外侧片段磁铁 M_i 下面(N极)出发的磁力线 B_i 从降落到正下方的周边等离子体区域 PS_B 内开始,不向四方发散地向上方作U型回转,到达内侧片段磁铁 m_i 下面(S极)这一点是重要的。通过这样的磁力线环构造,在提高周边等离子体区域 PS_B 内的磁通密度的同时,可以有效地防止磁力线向主等离子体区域 PS_A 侧流入。为了进一步提高这样的磁力线环构造的作用,在外侧片段磁铁 M_i 和内侧片段磁铁 m_i 之间优选相对地增大离基板G远的前者 M_i 的磁量(磁极强度),减小离基板G近的后者 m_i 的磁量(磁极强度)。

作为本发明另外的观点,在本实施方式,如上述所示,通过磁场形成机构66形成如帘幕样包围主等离子体区域 PS_A 的垂直方向延伸的

磁场（与等离子体的扩散方向正交的磁场） B 。利用这样的帘幕型垂直磁场 B ，如图 5 示意地所示，可不使上述磁场 B 内侧的等离子体 PR 向外逃逸地、有效果地、有效地封闭在磁场 B 内侧，在主等离子体区域 PS_A 内实现等离子体 PR 的高密度化及均匀化，进而可以提高半导体晶片 W 上的等离子体蚀刻特性。

例如，在周边等离子体区域 PS_B 内不形成磁场的情况下，在氧化膜系工艺过程（例如氧化硅膜的蚀刻）如图 5 的点划线 ER_A 所示，相对晶片中心侧在晶片边缘侧存在相对蚀刻速度下降的倾向，在多晶系处理过程（例如多晶硅的蚀刻），如图 5 的虚线 ER_B 所示，相对晶片边缘侧在晶片中心侧存在相对蚀刻速度下降的倾向。如本实施方式所示，通过磁场形成机构 66，在周边等离子体区域 PS_B 上形成帘幕型垂直磁场 B ，在氧化膜系处理中，相对晶片中心侧的蚀刻速度，晶片边缘侧的蚀刻速度相对地大幅提高，如实线 ER_S 所示提高了面内均匀性，在多晶系处理中，相对晶片边缘侧的蚀刻速度，相对地大幅度提高晶片中心侧的蚀刻速度，如实线 ER_S 所示，可以提高面内均匀性。

在图 6 及图 7 示出本实施方式的磁场形成机构 66 的一变形例。该变形例，作成在磁场形成机构 66 上使磁场形成单元 $[M_1, m_1]$ ， $[M_2, m_2]$ ， $\dots[M_N, m_N]$ 围绕通过腔室 10 的中心（半导体晶片 W 的中心 O ）的垂直线 G 的周围，以一定速度的旋转运动的构造。在图示的例中，沿着导向器 72，在可旋转的构成的环形的内齿轮 74 上经磁轭 70 安装磁场形成单元 $[M_1, m_1]$ ， $[M_2, m_2]$ ， $\dots[M_N, m_N]$ ，在内齿轮 74 上，经外齿轮 76，连接电动马达 78 的旋转驱动轴。通过这样的旋转磁场机构，即使磁场形成单元 $[M_i, m_i]$ 数减少也可以在圆周方向使磁场强度分布均匀化。尤其是，在垂直磁场的作用下，磁场形成机构 66 正下方的腔室顶部上附着堆积膜的情况下，通过这样的磁场强度分布均匀化，可以在圆周方向使堆积膜的附着状况或膜厚均匀化。

在图 8 及图 9 示出磁场形成机构 66 另外的实施例。本实施例在周边等离子体区域 PS_B 上方（优选在浇淋头 38 周围的腔室顶部）上配置 1 个或多个磁铁 $\langle M_i \rangle$ 的同时，在周边等离子体区域 PS_B 下方，例如排气通道乃至挡板 22 附近配置磁性体 K 。在图 8 的构成例上，在排气通道 20 内的筒状支撑部 16 上安装磁性体 K ，在图 9 的构成例上，在排

气通道 20 内的腔室侧壁部上安装磁性体 K。磁铁 $\langle M_i \rangle$ ，例如可以是与图 2~图 7 的外侧片段磁铁 M_i 相当的，例如使 N 极面向下方配置。磁性体 K 可以是沿圆周方向以一定间隔配置多个片段磁性体的，或者也可以由单体的环状磁性体构成，材质也可以是金属类、铁氧体类、陶瓷类的任一种。

根据这样的磁极配置构造，从磁铁 $\langle M_i \rangle$ 下面 (N 极) 发出的磁力线 B_i 从上向下横切正下方的周边等离子体区域 PS_B ，到达磁性体 K。磁性体 K 通过接受磁力线 B_i ，进行磁化，其表面成为 S 极。在图 8 及图 9 的构造例，为了使从磁铁 $\langle M_i \rangle$ 出发的磁力线 B_i 尽可能地朝向磁性体 K，设置包围磁铁 $\langle M_i \rangle$ 的背面 (上面) 及侧面的磁轭 80。尤其是，靠近主等离子体区域 PS_A 的侧磁轭部 80a 取回从磁铁 $\langle M_i \rangle$ 下面 (N 极) 向主等离子体区域 PS_A 侧伸出的磁力线，返回磁铁 $\langle M_i \rangle$ 上面或背面 (S 极)，以便不通向主等离子体区 PS_A 地发挥功能。

在图 8 及图 9 的实施例，使磁铁 $\langle M_i \rangle$ 的上下极性反转，以下面作为 S 极的变化或使磁铁 $\langle M_i \rangle$ 和磁性体 K 各自的配置位置相互交换的变化等均可以。此外，伴随着磁铁 $\langle M_i \rangle$ 的个数增加或体积增大，进而装置大型化，如图 10 所示，在腔室 10 侧壁外配置磁铁 $\langle M_i \rangle$ 的构成也是可以的。或者，也可有在腔室 10 的侧壁内侧配置磁铁 $\langle M_i \rangle$ ，在腔室侧壁外配置磁性体 K 的构成。

在图 1~图 7 的实施例，种种变形也是可以的。例如，在各磁场形成单元 $[M_i, m_i]$ ，分别使外侧片段磁铁 M_i 的上下极性 & 内侧片段磁铁 m_i 的上下极性反转，以外侧片段磁铁 M_i 下面作为 S 极，内侧片段磁铁 m_i 下面作为 N 极的结构也是可以的。此外，用磁性体取代单侧片段磁铁 (通常为内侧片段磁铁 m_i) 也是可以的。使磁场形成单元 $[M_i, m_i]$ 配置在周边等离子体区域 PS_B 下方的构成，例如一方 (M_i) 安装在基座 12 侧，另一方 (m_i) 安装在腔室 10 的侧壁的构成等也是可以的。此外，伴随着磁铁个数增加或体积增大，进而装置大型化，如图 11 所示，使外侧磁铁块 M_i 配置在腔室 10 的侧壁之外的构成也是可以的。在各磁场形成单元 $[M_i, m_i]$ ，使两磁铁 M_i, m_i 在半径方向以外的方向并排配置的构成也是可以的。

在上述实施方式的平行平板型的等离子体蚀刻装置 (图 1) 是在基

座 12 上加等离子体生成用的一种高频功率的方式。可是，虽然图示省略，本发明在上部电极 38 侧上加等离子体生成用高频功率的方式或者在上部电极 38 和基座 12 上分别加上频率各异的第一及第二高频功率的方式（上下高频施加类型）或者在基座 12 上重叠施加频率各异的第一和第二高频功率的方式（下部双频率叠加类型）等也是可使用的，广意而言，可适用于在可减压的处理容器内具有至少 1 个电极的等离子体处理装置中。当然，合并本发明和点火等离子体方式也是可以的。

本发明可适用的等离子体源不限于平行平板型，也可以是其它任意的高频放电方式，例如螺旋波等离子体方式的。此外，本发明也适用于等离子体 CVD、等离子体氧化、等离子体氮化、溅射等其它等离子体处理装置。本发明的被处理基板也不限于半导体晶片，平板面板显示器件用的各种基板或光掩模、CD 基板、印刷基板等也是可以的。

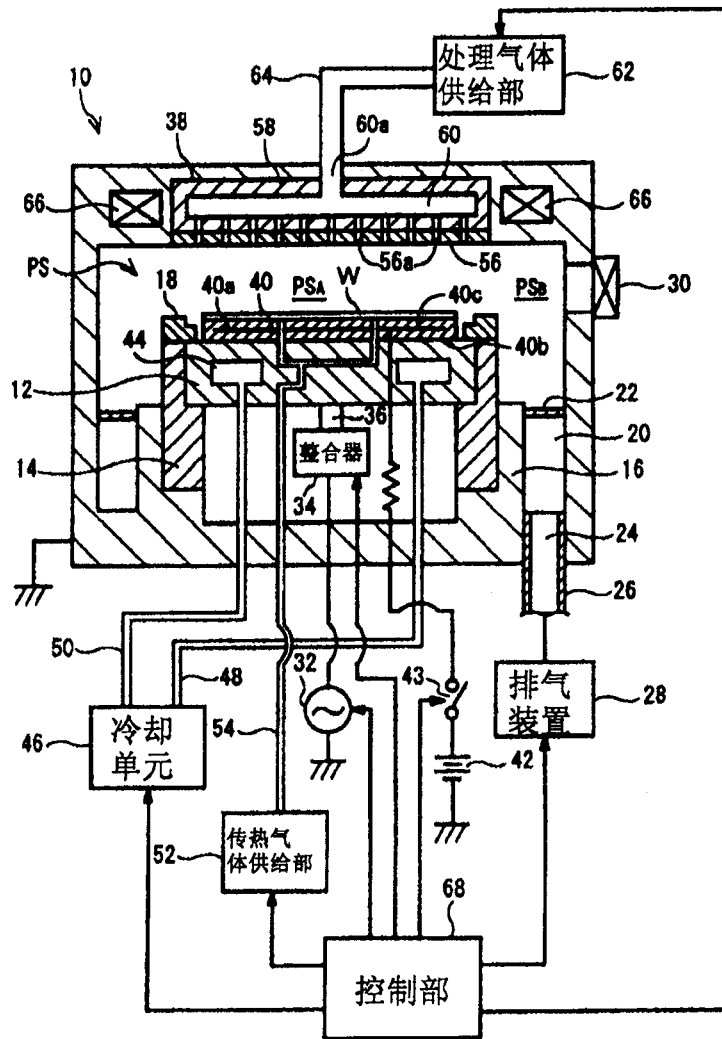


图1

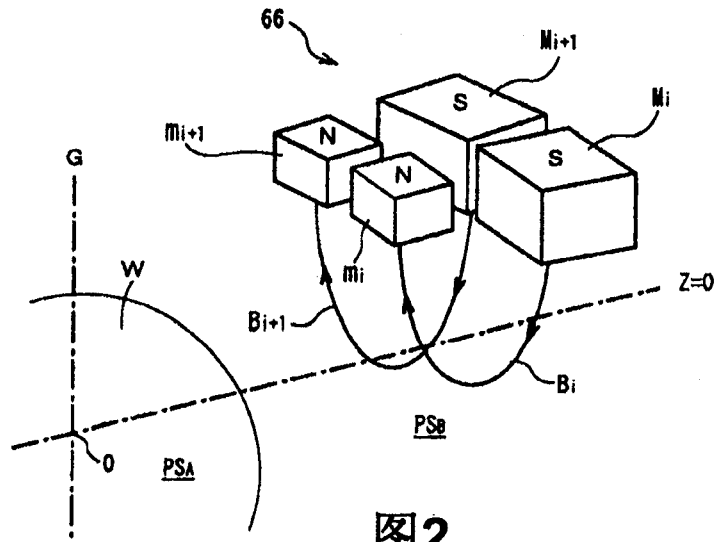


图2

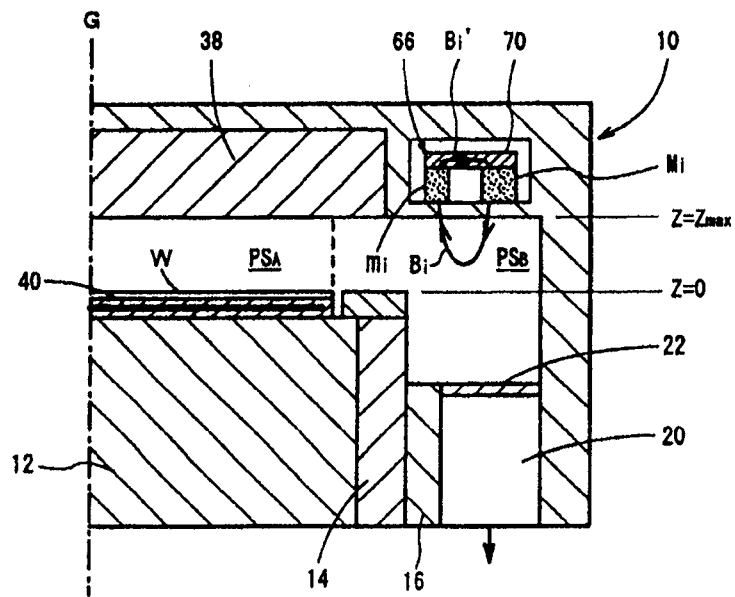


图3

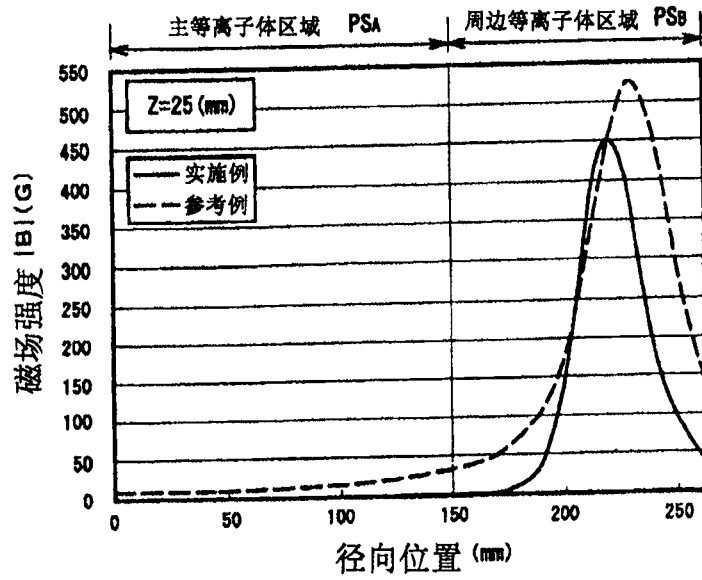


图4A

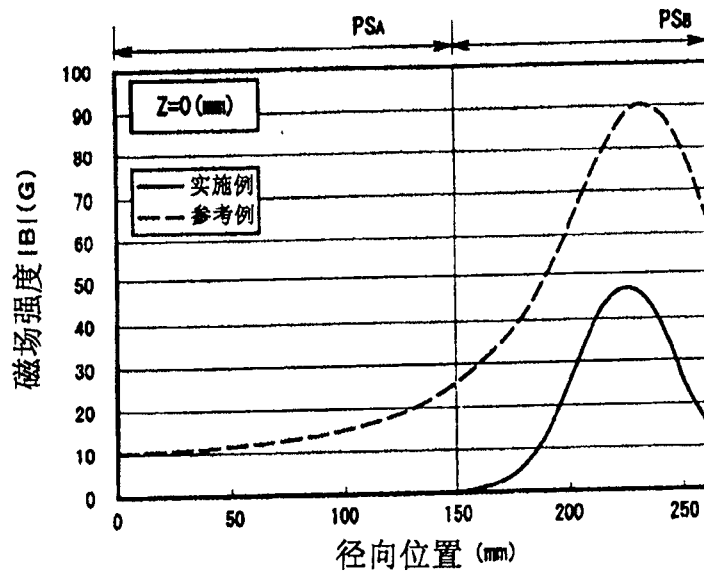


图4B

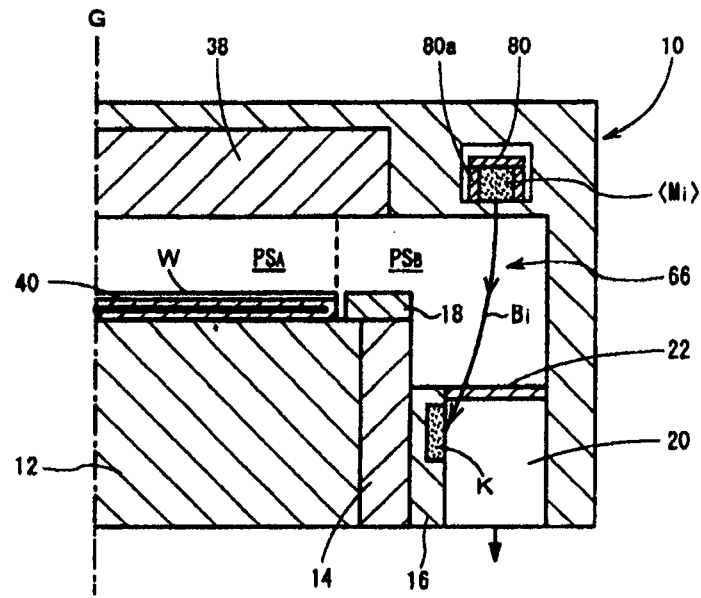


图8

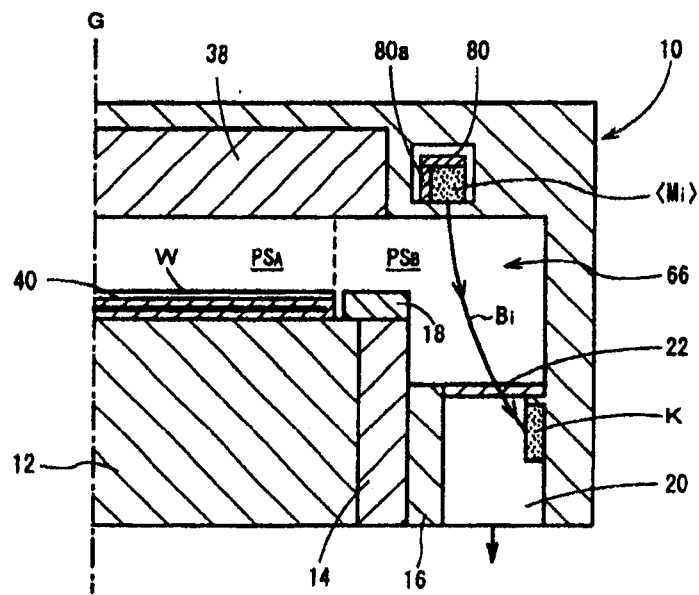


图9

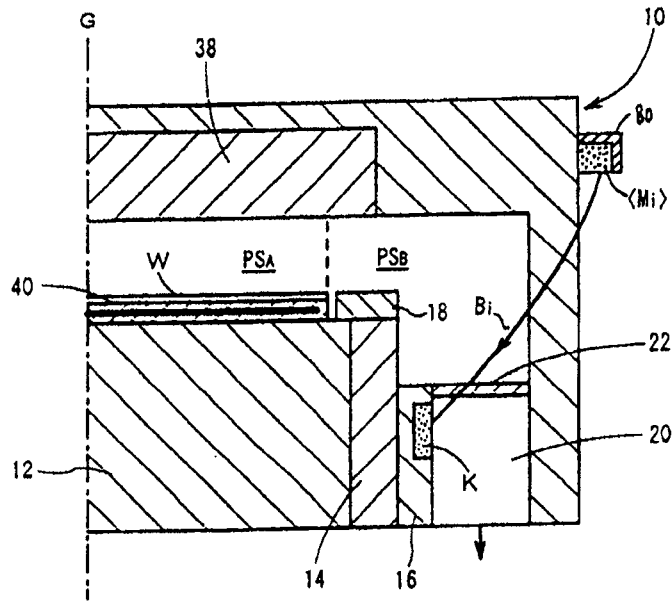


图10

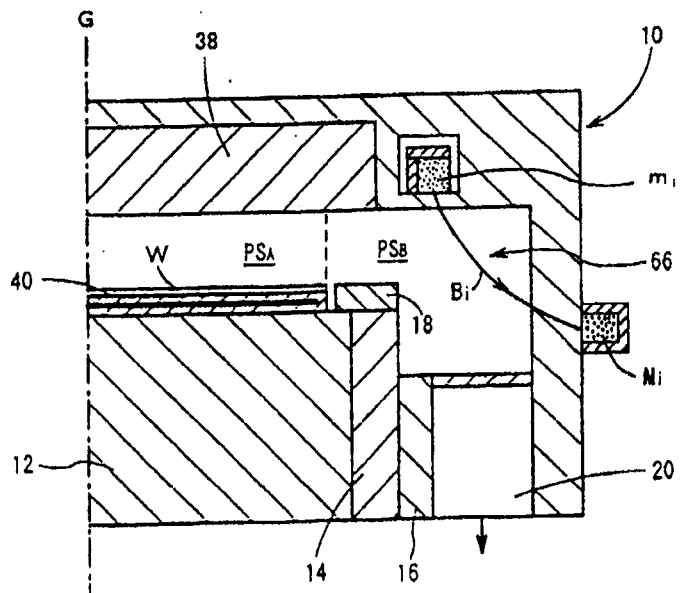


图11