

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)

H01L 21/311 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510006150.4

[45] 授权公告日 2008年1月16日

[11] 授权公告号 CN 100362632C

[22] 申请日 2005.1.31

[21] 申请号 200510006150.4

[30] 优先权

[32] 2004.1.30 [33] JP [31] 2004-022825

[73] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 及川弘太

[56] 参考文献

US 6391787B1 2002.5.21

JP 2003-51491A 2003.2.21

JP 7-3133A 1995.1.17

审查员 王莹

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 汪惠民

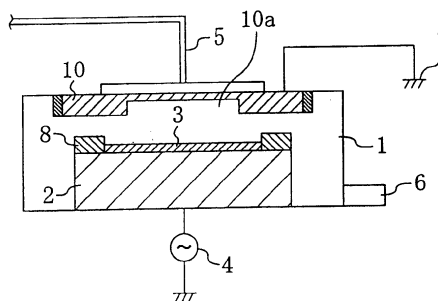
权利要求书2页 说明书15页 附图8页

[54] 发明名称

干蚀刻方法

[57] 摘要

本发明的蚀刻装置，具有：反应室(1)；设置在反应室(1)的底面部的下部电极(2)；设置在顶部，与下部电极(2)相对的上部电极(10)；设置在下部电极(2)上，旨在保持被处理基板(3)的具有空洞的聚焦环(8)。在上部电极(10)的下面的中心部，设置着内径比被处理基板(3)的直径小的凹部。这样，就可以在被处理基板(3)的中心部，在产生等离子体时，减少等离子体再射入的量。所以，就能够不成为喇叭状地以所需的形状形成被处理基板(3)的中心部的孔等。从而即使在电极间隔狭窄的蚀刻装置中，也能获得所需的形状尺寸。



1、一种干蚀刻方法，使用干蚀刻装置对被处理基板进行干蚀刻，其中所述干蚀刻装置具有：反应室；在所述反应室内设置的下部电极；在所述反应室内与所述下部电极相对设置的上部电极；以及环，所述环设置在所述反应室内所述下部电极的面中的与所述上部电极相对的面之上，并且所述被处理基板可固定于所述环的内侧，

所述干蚀刻方法具有：

准备具有凹部的上部电极，并且按照该凹部与所述下部电极相对的方式配置上部电极的步骤 a，其中所述凹部形成为内径比所述环的内径小、而且使等离子体粒子的再射入量在所述被处理基板中均匀；

将所述被处理基板载置到所述环的内侧的步骤 b；和

在将腐蚀气体导入反应室内的状态下，通过使所述上部电极与所述下部电极之间产生等离子体，进行干蚀刻的步骤 c。

2、如权利要求 1 所述的干蚀刻方法，其特征在于：所述凹部，是随着到所述上部电极的中心的距离的增大其深度逐渐变浅的圆顶形。

3、如权利要求 1 所述的干蚀刻方法，其特征在于：所述上部电极中的中心部和包围所述中心部的侧面的外周部，可以互相独立地调整与所述下部电极之间的间隔，通过使所述中心部与所述下部电极之间的间隔大于所述外周部与所述下部电极之间的间隔，来设置所述凹部。

4、一种干蚀刻方法，使用干蚀刻装置对被处理基板进行干蚀刻，其中所述干蚀刻装置具有：反应室；在所述反应室内设置的下部电极；在所述反应室内与所述下部电极相对设置的上部电极；以及环，所述环设置在所述反应室内所述下部电极的面中的与所述上部电极相对的面之上，并且所述被处理基板可固定于所述环的内侧，

所述干蚀刻方法具有：

准备具有凹部的上部电极，并且按照该上部电极与所述下部电极相对的方式配置上部电极的步骤 d，其中所述凹部的内径比所述环的内径小；

将所述被处理基板安置到所述环的内侧的步骤 e；和

在将腐蚀气体导入反应室内的状态下，通过使所述上部电极与所述下部电极之间产生等离子体，进行干蚀刻的步骤 f，

所述凹部形成为，按照所述被处理基板的蚀刻后的尺寸形状的偏差成为最小的方式，设定所述上部电极的中心部和所述下部电极之间的间隔、与所述上部电极的外周部和所述下部电极之间的间隔之间的间隔差。

5、如权利要求 1 或 4 所述的干蚀刻方法，其特征在于：所述上部电极中的所述凹部以外的区域与所述下部电极之间的间隔，比所述上部电极和所述下部电极中半径较小的电极半径狭窄。

6、如权利要求 1 或 4 所述的干蚀刻方法，其特征在于：所述反应室内的腐蚀气体的滞留时间比蚀刻产生的等离子体粒子再射入所述下部电极的时间长。

7、如权利要求 1 或 4 所述的干蚀刻方法，其特征在于：所述上部电极，由包含硅、石英、碳化硅、氧化铝、铝及氧化铌中的至少一种的物质构成。

## 干蚀刻方法

## 技术领域

本发明涉及一种干蚀刻装置及干蚀刻方法。

## 背景技术

图 10 是表示现有技术中对氧化膜等进行干蚀刻时使用的干蚀刻装置的结构示意图。

正如图 10 所示, 在反应室 101 内, 配置着设在底面部的下部电极 102, 和设置在顶部、与下部电极 102 相对的上部电极 110。下部电极 102 和上部电极 110, 为了产生等离子体而离开必要的空间。在下部电极 102 上, 设置着旨在保持被处理基板 103 的聚焦环 108。为了保持被处理基板 103, 聚焦环 108 具有空洞。

在反应室 101 的外侧, 设置着给下部电极 102 外加电压的高频电源 104。高频电源 104 给下部电极 102 外加 13.56MHz 的电压。另一方面, 上部电极 110 与接地电位 107 连接。在上部电极 110 上, 设置着将处理气体导入反应室 101 内的气体导入口 105。由气体导入口 105 供给的处理气体, 通过贯通上部电极 110 后设置的导入管 (未图示), 向反应室 101 内运送。另一方面, 在反应室 101 的下部, 设置着旨在将处理气体从反应室 101 内排到外部的排气口 106。

下面, 参照图 11, 讲述使用图 10 所示的现有技术的干蚀刻装置进行干蚀刻的方法。在这里, 以将氮化硅 (SiN) 膜作为蚀刻停止膜使用, 在层间绝缘膜上形成接触孔的工序为例进行讲述。图 11 是表示在 SRAM 的存储单元中, 在相邻的栅电极之间形成为了将上层布线与基板电连接的接触孔但尚未完成时的状态的剖面图。

在形成接触孔的工序之前的半导体装置, 如图 11 所示, 在预先形成了阱及进行了元件分离的硅基板 117 的表面, 设置着通过热氧化后形成的栅极氧化膜 115 和位于其上的栅电极 118。然后, 在栅电极 118 的上面设置偏

置氧化膜 113, 在栅电极 118 的侧面设置由剖面形状呈 L 字形的膜 116 和在 L 字形的膜 116 上设置的被覆膜 120 构成的侧壁。另外, 在硅基板 117 中的表层部, 设置着具有 LDD 结构的源·漏区 (未图示)。就是说, 设置着对栅电极 118 而言自我整合地设置的扩展扩散层 (未图示), 和对侧壁而言自我整合地设置的源·漏区。

在这种状态下, 在硅基板 117 上, 形成覆盖偏置氧化膜 113 及侧壁之上的 SiN 蚀刻停止膜 114, 在其上堆积由  $\text{SiO}_x$  ( $x=1, 2\cdots$ ) 构成的层间绝缘膜 112, 然后使层间绝缘膜 112 的表面平坦化。再进行光刻蚀法, 从而在层间绝缘膜 112 上形成抗蚀剂图案 119。接着, 以抗蚀剂图案 119 为掩膜, 对层间绝缘膜 112 进行干蚀刻。在该干蚀刻之际, 如果对 SiN 蚀刻停止膜 114 而言, 将构成层间绝缘膜 112 的  $\text{SiO}_x$  的选择比定得非常, 那么在接触孔贯通层间绝缘膜 112 后到达 SiN 蚀刻停止膜 114 的时刻, 蚀刻速度就急剧下降。在这个时刻, 如果切换成能够有选择地除去 SiN 的蚀刻条件, 就能够完成接触孔。

可是, SiN 和  $\text{SiO}_x$ , 具有构成晶格的化学结合能接近、蚀刻物也基本上相同的蚀刻特性。而且, 在采用氟原子团进行的蚀刻时, SiN 的蚀刻速度比  $\text{SiO}_x$  稍快。因此, 将 SiN 作为蚀刻停止膜使用的  $\text{SiO}_x$  膜的高选择蚀刻, 被认为难度极高。

作为对层间绝缘膜 112 进行的干蚀刻, 通过使用氟代烃系气体的等离子体, 形成 CF 系聚合物后确保选择比的方法, 已经成为主流。使用氟代烃系气体时, 生成 CF 系聚合物, 它堆积在基底表面, 形成 CF 系保护膜。为了弥补该 CF 系保护膜的堆积造成的蚀刻速度的下降, 需要在高密度的等离子体中大量生成蚀刻物。这样, 为了获得高选择比, 产生高密度的等离子体就非常重要。

在图 10 所示的干蚀刻装置中, 要求提高蚀刻率的均匀性。对于这种要求, 有人提出采用将上部电极的形状弯曲成凹状的方法 (参照特开平 11-317396 号公报)。其理由如下: 在反应室内的被处理基板的外周部, 引起腐蚀气体的对流, 成为反应生成物容易堆积的状态。这样, 在被处理基板的外周部引起蚀刻率降低, 所以使被处理基板整体的蚀刻率的均匀性恶化。这时, 如果象特开平 11-317396 号公报所述, 将反应室内的上部电极的形

状弯曲成凹状，使被处理基板的外周部中电极间隔变小，就能提高那个部分的蚀刻率。这样，就能使被处理基板的外周部的蚀刻率，与被处理基板的中心部大致相等。就是说，将上部电极的形状弯曲成凹状后，可以提高蚀刻率的均匀性。

可是，近几年来，为了增大器件的处理数量、降低成本，被处理基板的直径日益扩大。被处理基板的口径扩大后，蚀刻装置中的电极的直径也随着增大。

另一方面，随着半导体装置的高集成化，设计规格日益精细，为了更加正确地进行蚀刻，必须提高蚀刻之际产生的等离子体的控制性。因此，需要缩小蚀刻装置的电极间隔。

由此可知：面对电极直径扩大的趋势，电极间隔却在缩小。可是，用这种蚀刻装置进行蚀刻后，往往会出现以下的问题。图 12 (a) ~ (c)，是为了讲述现有技术中，使用电极间隔狭窄的蚀刻装置，在大口径的被处理基板上形成接触孔之际产生的问题而绘制的剖面图。

如图 12 (a) 所示，在蚀刻对象——氧化膜 121 上，例如形成具有接触孔图案 123 的抗蚀剂图案 122。在这里，用  $L_0$  表示抗蚀剂图案 122 的孔径（图刻蚀术后的尺寸）。

对于图 12 (a) 所示状态的氧化膜 121，以抗蚀剂图案 122 为掩膜进行蚀刻后，在氧化膜 121 上形成接触孔。在这里，图 12 (b) 表示被处理基板的中心部中的接触孔 123a 的形状，图 12 (c) 表示被处理基板的外周部中的接触孔 123b 的形状。在这里，将各处被开口的接触孔的孔径（干蚀刻后的尺寸）中，顶部径用  $L_1$ 、 $L_1'$  表示，底部径用  $L_2$ 、 $L_2'$  表示。

使用现有技术的干蚀刻装置时，如图 12 (b)、(c) 所示，被处理基板的中心部中的接触孔 123a 成为喇叭状，深度越大，内径就变得越小。这样，在被处理基板面内的孔的尺寸的均匀性就很差。

## 发明内容

本发明的目的在于：即使在电极间隔狭窄的蚀刻装置中，也能提高蚀刻形状的面内均匀性，获得所需的形状。更具体地说，在对电极间隔狭窄而口径较大的被处理基板形成接触孔之际，防止被处理基板的中心部中的

接触孔的形状成为喇叭状，得到所需的形状。

为了达到上述目的，本专利发明人对使用狭窄的电极间隔的蚀刻装置对大口径的被处理基板进行干蚀刻时形状尺寸的面内均匀性不良的原因进行了分析、研究，结果得出如下结论：

图 13 是表示在现有技术的蚀刻装置中，电极间隔  $L$  与被处理基板的口径  $S$  之比，与孔的形状尺寸的  $3\sigma$  ( $\sigma$ ：标准偏差) 之间的关系的曲线图。

正如图 13 所示，例如：在  $S=200\text{mm}$ 、 $L=25\text{mm}$  ( $L/S=0.125$ ) 时，在被处理基板面内的蚀刻后形状尺寸的面内偏差  $3\sigma$  是  $20\text{nm}$  左右。一般地讲，作为容许偏差，是孔径尺寸的 10%，所以孔径为  $0.2\mu\text{m}$  时，面内偏差如果是  $20\text{nm}$  就没有问题。

与此不同，例如：在  $S=300\text{mm}$ 、 $L=25\text{mm}$  ( $L/S=0.083$ ) 时，在被处理基板面内的蚀刻后形状尺寸的面内偏差  $3\sigma$  成为  $30\text{nm}$  左右。这时，就不能适应今后日益精细化的孔径，例如孔径为  $0.15\mu\text{m}$  时，面内偏差就要超过容许范围。

本专利申请人发现，在反应室内设置一对电极，使用在电极间隔小于电极半径的状态下采用的干蚀刻装置进行氧化膜干蚀刻时，孔的面内偏差成为问题。就是说，由于电极间隔狭窄，所以等离子体粒子从被处理基板脱离后被上部电极反射而再射入被处理基板的时间，比气体滞留时间短很多。因此，在被处理基板的中心部，等离子体粒子的再射入的影响变大，导致成为聚合物堆积原因的氟代烃原子团、即堆积物过剩。其结果，即使蚀刻率均匀，在被处理基板的中心部，也会出现蚀刻形状的控制性（以下称作“形状控制性”）不良的问题。

为了解决这种问题，第一干蚀刻方法，使用干蚀刻装置对被处理基板进行干蚀刻，其中所述干蚀刻装置具有：反应室；在所述反应室内设置的下部电极；在所述反应室内与所述下部电极相对设置的上部电极；以及环，所述环设置在所述反应室内所述下部电极的面中的与所述上部电极相对的面之上，并且所述被处理基板可固定于所述环的内侧，所述干蚀刻方法具有：准备具有凹部的上部电极，并且按照该凹部与所述下部电极相对的方式配置上部电极的步骤 a，其中所述凹部形成为内径比所述环的内径小、而且使等离子体粒子的再射入量在所述被处理基板中均匀；将所述被处理基

板载置到所述环的内侧的步骤 b；和在将腐蚀气体导入反应室内的状态下，通过使所述上部电极与所述下部电极之间产生等离子体，进行干蚀刻的步骤 c。

这样，只在中心部设置凹部，可以使等离子体粒子的再射入量在被处理基板的外周部和中心部均匀。因而能够良好地保持蚀刻后的孔等的形状尺寸控制性，实现所需的蚀刻尺寸。

所述上部电极中的所述凹部以外的区域与所述下部电极之间的间隔，比所述上部电极和所述下部电极中半径较小的电极的半径狭窄时，在现有技术中，外周部和中心部的形状尺寸的差异很大，而在本发明中，可以使形状尺寸良好。

所述凹部，在呈深度随着到所述上部电极的中心的距离的增大而变浅的圆顶形时，由于在上部电极上没有凹凸，所以不产生等离子体粒子的对流，能够提高尺寸控制性。

所述凹部还可以设置成：可以互相独立地调整所述上部电极中中心部和包围所述中心部的侧面的外周部，与所述下部电极的间隔，可以使所述中心部和所述下部电极的间隔大于所述外周部和所述下部电极的间隔。这时，可以根据蚀刻条件，始终提高尺寸的控制性。

本发明的第 2 干蚀刻方法，使用干蚀刻装置对被处理基板进行干蚀刻，其中所述干蚀刻装置具有：反应室；在所述反应室内设置的下部电极；在所述反应室内与所述下部电极相对设置的上部电极；以及环，所述环设置在所述反应室内所述下部电极的面中的与所述上部电极相对的面之上，并且所述被处理基板可固定于所述环的内侧，所述干蚀刻方法具有：准备具有凹部的上部电极，并且按照该上部电极与所述下部电极相对的方式配置上部电极的步骤 d，其中所述凹部的内径比所述环的内径小；将所述被处理基板安置到所述环的内侧的步骤 e；和在将腐蚀气体导入反应室内的状态下，通过使所述上部电极与所述下部电极之间产生等离子体，进行干蚀刻的步骤 f，所述凹部形成为，按照所述被处理基板的蚀刻后的尺寸形状的偏差成为最小的方式，设定所述上部电极的中心部和所述下部电极之间的间隔、与所述上部电极的外周部和所述下部电极之间的间隔之间的间隔差。这样，就能够始终良好地保持蚀刻后的孔等的形状尺寸的控制性，实现所



需的蚀刻尺寸。

最好所述反应室内的腐蚀气体的滞留时间比蚀刻产生的等离子体粒子再射入所述下部电极的时间长。

所述上部电极，最好由包含硅(Si)、石英( $\text{SiO}_2$ )、碳化硅(SiC)、氧化铝( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、铝(Al)及氧化铌( $\text{Y}_2\text{O}_3$ )中的至少一种的物质构成。

此外，在本说明书中，所谓“以某种材料为主成分”，还包含“只由某种材料构成”之意。

采用本发明的干蚀刻装置及使用它的干蚀刻方法后，即使上部电极和下部电极的间隔，小于被处理基板的半径时，也能使再射入被处理基板的等离子体粒子的量，在基板的中心部和外周部保持均匀，所以可以提高蚀刻的控制性，能够在被处理基板上形成所需的形状。

#### 附图说明

图1是表示第1实施方式涉及的干蚀刻装置的简要结构的示意图。

图2是表示图1所示的上部电极10的结构剖面图及平面图。

图3是表示在现有技术的蚀刻装置和本实施方式的蚀刻装置中，使电极间隔变化后进行蚀刻时，形状尺寸 $3\sigma$ 变化状况的曲线图。

图4是表示第2实施方式涉及的干蚀刻装置的简要结构的示意图。

图5是表示在第2实施方式的条件下进行蚀刻时，蚀刻后的形状尺寸在晶片半径方向上的分布的曲线图。

图6是表示第3实施方式涉及的干蚀刻装置的简要结构的示意图。

图7是表示在第3实施方式的蚀刻装置中，改变外周部31的电极间隔进行蚀刻时，形状尺寸 $3\sigma$ 成为最小值的中心部32和外周部31的高度之差的曲线图。

图8是表示第4实施方式涉及的干蚀刻装置的简要结构的示意图。

图9是表示在现有技术的蚀刻装置和第4实施方式的蚀刻装置中，分别改变电极间隔进行蚀刻时，形状尺寸 $3\sigma$ 变化状况的曲线图。

图10是表示现有技术中对氧化膜等进行干蚀刻时使用的干蚀刻装置的结构示意图。

图11是表示在SRAM的存储单元中，在相邻的栅电极之间形成为了将上层布线与基板电连接的接触孔但尚未完成时的状态的剖面图。

图12(a)~(c)，是为了讲述现有技术中，使用电极间隔狭窄的蚀刻

装置，在大口径的被处理基板上形成接触孔之际产生的问题而绘制的剖面图。

图 13 是表示在现有技术的蚀刻装置中，电极间隔  $L$  与被处理基板的口径  $S$  之比，与孔的形状尺寸的  $3\sigma$  的关系的曲线图。

## 具体实施方式

### （第 1 实施方式）

下面，参阅附图，讲述本发明的第 1 实施方式涉及的干蚀刻装置及干蚀刻方法。此外，以下对氧化膜进行形成接触孔的干蚀刻为例进行讲述。

图 1 是表示第 1 实施方式涉及的干蚀刻装置的简要结构的示意图。

正如图 1 所示，在反应室 1 内，配置着设在底面部的下部电极 2，和设置在顶部、与下部电极 2 相对的上部电极 10。为了产生等离子体，下部电极 2 和上部电极 10 离开必要的空间。

在下部电极 2 上，设置着旨在保持被处理基板 3（晶片）的聚焦环 8。为了保持被处理基板 3，聚焦环 8 具有空洞。

在反应室 1 的外侧，设置着给下部电极 2 外加电压的高频电源 4。高频电源 4 给下部电极 2 外加 13.56MHz 的电压。另一方面，上部电极 10 与接地电位 7 连接。

在上部电极 10 上，设置着将处理气体导入反应室 1 内的气体导入口 5。由气体导入口 5 供给的处理气体，通过贯通上部电极 10 后设置的导入管（未图示），向反应室 1 内运送。另一方面，在反应室 1 的下部，设置着旨在将处理气体从反应室 1 内排到外部的排气口 6。

此外，虽然没有图示，但在被处理基板 3 上，隔着硅氧化膜等蚀刻停止膜，形成成为蚀刻对象的硅氧化膜。

图 2 是表示图 1 所示的上部电极 10 的结构剖面图及凹部形成时的平面图。正如图 2 所示，本实施方式的特点，是在上部电极 10 的中心部，设置着厚度比其它部分薄的凹部 10a。具体地说，在外径为 20cm、厚度为 20mm 的上部电极 10 的中心部，形成内径为 10cm、深度为 5mm 的凹部 10a。此外，该凹部 10a 的内径，还设置得小于聚焦环 8 的内径。由于聚焦环 8 的内径设置成与被处理基板 3 的外径一致，所以也可以说，凹部 10a 的内径，

设置得小于被处理基板 3 的外径。此外，上部电极 10 由以硅为主要成分的材料构成。

下面，再次参阅图 1，具体讲述使用上述干蚀刻装置进行干蚀刻的方法。首先，由气体导入口 5 向反应室 1 供送  $C_4F_8$ 、 $C_5F_8$  或  $CF_4$  等氟代烃气体（反应性气体）、Ar 气及氧气。接着，给下部电极 2 外加电压，从而产生由上述气体构成的等离子体，对被处理基板 3 上的氧化膜进行蚀刻加工。这时的蚀刻，例如：在  $C_4F_8$  的流量为 10ml/min（标准状态）、 $O_2$  的流量为 5ml/min（标准状态）、Ar 的流量为 400ml/min（标准状态）、室内压力为 7Pa、等离子体发生用 RF 功率为 1500W、基板温度为 20℃ 的条件下进行。

接着，参照图 3，讲述采用本实施方式的干蚀刻方法形成的孔的形状尺寸的精度。图 3 是表示在现有技术的蚀刻装置和本实施方式的蚀刻装置中，使电极间隔变化后进行蚀刻时，形状尺寸  $3\sigma$  变化状况的曲线图。在图 3 中，横轴表示电极间隔，纵轴表示蚀刻后的底径的形状尺寸  $3\sigma$ 。曲线（a）表示本实施方式的蚀刻装置中的测量结果，曲线（b）表示现有技术的蚀刻装置中的测量结果。作为现有技术的蚀刻装置，使用上部电极是平板型的装置。此外，所谓“本实施方式的蚀刻装置中的电极间隔”，是指从上部电极 10 的凹部以外的区域到下部电极 2 的长度。

现有技术的使用平板型上部电极进行蚀刻时，如图 3 的曲线（b）所示，随着电极间隔的减小， $3\sigma$  的值增大。与此不同，使用本实施方式的上部电极 10 进行蚀刻时，如图 3 的曲线（a）所示，即使电极间隔成为 10mm 左右，也可得到良好的  $3\sigma$  的值。由此可知，即使电极间隔变得狭窄，也能够控制孔的形状。下面，讲述其理由。

在等离子体中，导入反应室 1 内的气体被分解，产生成为堆积物的  $C_xF_y$  原子团（氟代烃原子团），和成为蚀刻剂的 F 原子团（氟原子团）。在这些原子团的粒子中，有的在被处理基板 3 上进行反应；有的被被处理基板 3 反射后，排放到室外；有的则被被处理基板 3 反射后，又被上部电极 10 反射，再射入被处理基板 3，或者排放到被处理基板 3 的侧面。

在现有技术中，与被处理基板的外周部相比，在中心部的粒子再射入被处理基板的比率大。因此，被处理基板的外周部和中心部的再射入量的差的值，取决于电极间隔和电极半径（上部电极和下部电极中，半径较小

的电极的半径，在本说明书中，是下部电极）之比。就是说，随着电极间隔变小，或随着电极半径变大，再射入量的差的值就要变大。因此，电极间隔大于电极半径时，再射入量的差的值就变得相当大。

与此不同，如前所述，在本实施方式中，在上部电极 10 的下面（与下部电极 2 相对的面）中的中心部形成凹部 10a，从而能够只将中心部的电极间隔变长，所以能够使等离子体粒子的再射入量在被处理基板 3 的外周部和中心部均匀。这样，就能够良好地保持蚀刻后的孔等的形状尺寸的控制性，实现所需的蚀刻形状。此外，在本说明书中，所谓“电极间隔短”，具体地说，是指电极间隔小于电极半径。此外，在本实施方式中，列举了在外径 20cm、厚度 20mm 的上部电极 10 中，使到中心的距离为 5cm 的圆内的区域凹下 5mm 的例子。可是，在本实施方式的发明中，对上部电极 10 的凹部 10a 的深度，没有特别的限定，对凹部 10a 的半径，也只要在小于被处理基板 3 的半径的范围内即可，没有特别的限定。

另外，在本实施方式中，作为上部电极 10 的主要成分，使用了硅。可是，作为上部电极 10 的主要成分，使用其它材料，也能得到与本实施方式相同的效果。

另外，在本实施方式中，作为蚀刻氧化膜的反应性气体（等离子体产生用气体），使用了  $C_4F_8$ 。可是，在本实施方式的发明中，等离子体产生用气体的种类，例如只要是至少含有  $CF_4$ 、 $CHF_3$ 、 $CH_2F_2$ 、 $CH_3F$ 、 $C_4F_8$ 、 $C_5F_8$ 、 $C_4F_6$  及  $C_2F_6$  中的一种气体的物质即可。

### （第 2 实施方式）

下面，参阅附图，讲述本发明的第 2 实施方式涉及的干蚀刻装置及干蚀刻方法。此外，以下对氧化膜进行形成接触孔的干蚀刻为例进行讲述。图 4 是表示第 2 实施方式涉及的干蚀刻装置的简要结构的示意图。此外，在图 4 中，对和第 1 实施方式的图 1 所示的干蚀刻装置相同的部件，赋予相同的符号，在说明书中也省略其说明。

在第 2 实施方式中，与第 1 实施方式的不同之处，是上部电极 20 的结构。具体地说，在外径为 20cm、厚度为 20mm 的上部电极 20 的中心部，形成内径为 15cm 的拱顶状的凹部 10a。拱顶状的凹部 10a 的深度，是在其中心部、即上部电极 20 的中心部中最大为 5mm，随着到中心的距离的增大

而逐渐变浅。在本实施方式中，上部电极 20 由以硅为主要成分的材料构成。此外，虽然未图示，但在被处理基板 3 上，例如通过硅氮化膜形成蚀刻对象物——硅氧化膜。

下面，再次参阅图 4，具体讲述使用上述干蚀刻装置进行干蚀刻的方法。首先，由气体导入口 5 向反应室 1 供送  $C_4F_8$ 、 $C_3F_8$  或  $CF_4$  等氟代烃气体（反应性气体）、Ar 气及氧气。接着，给下部电极 2 外加电压，从而产生由上述气体构成的等离子体，对被处理基板 3 上的氧化膜进行蚀刻加工。这时的蚀刻，例如：在  $C_4F_8$  的流量为 10ml/min（标准状态）、 $O_2$  的流量为 5ml/min（标准状态）、Ar 的流量为 400ml/min（标准状态）、室内压力为 7Pa、等离子体发生用 RF 功率为 1500W、基板温度为 20℃ 的条件下进行。

在等离子体中，导入反应室 1 内的气体被分解，产生成为堆积物的  $C_xF_y$  原子团（氟代烃原子团），和成为蚀刻剂的 F 原子团（氟原子团）。在这些原子团的粒子中，有的在被处理基板 3 上进行反应；有的被被处理基板 3 反射后，排放到室外；有的则被被处理基板 3 反射后，又被上部电极 20 反射，再射入被处理基板 3，或者排放到被处理基板 3 的侧面。

在现有技术中，与被处理基板的外周部相比，在中心部的粒子再射入被处理基板的比率大。因此，被处理基板的外周部和中心部的再射入量的差的值，取决于电极间隔和电极半径之比。就是说，随着电极间隔变小，或随着电极半径变大，再射入量的差的值就要变大。因此，电极间隔大于电极半径时，再射入量的差的值就变得相当大。

与此不同，如前所述，在本实施方式中，在上部电极 20 的下面（与下部电极 2 相对的面）中的中心部形成拱顶状的凹部 20a，从而能够只将中心部的电极间隔变长，所以能够使等离子体粒子的再射入量在被处理基板 3 的外周部和中心部均匀。这样，就能够良好地保持蚀刻后的孔等的形状尺寸的控制性，实现所需的蚀刻形状。

进而，在本实施方式中，由于上部电极 20 没有具有直角形状的凹凸，所以能够防止起因于凹凸而产生等离子体粒子的对流，导致等离子体控制性恶化的现象。下面，对此加以讲述。

图 5 是表示在本实施方式的条件下进行蚀刻时，蚀刻后的形状尺寸在晶片半径方向上的分布的曲线图。在图 5 的曲线中，横轴表示到电极中心

的距离，纵轴表示蚀刻后形成的孔等的底径的尺寸。曲线（a）表示在本实施方式的蚀刻装置中的测量结果，曲线（b）表示在本比较例的蚀刻装置中的测量结果。在图5中，作为比较例，使用在第1实施方式中所示的外径20cm、厚度20mm的上部电极10的中心部，在内径10cm、深度为10mm的拐角部，设置具有直角形状的凹部10a的蚀刻装置。在比较例的蚀刻装置中，上部电极10的凹部10a的侧面，垂直于凹部10a的底面。此外，在本实施方式的蚀刻装置和比较例的蚀刻装置中，都在上述的本实施方式的条件下进行蚀刻。

比较例的测量结果，如图5的曲线（b）所示，在晶片中，位于上部电极的高低差急剧部分之下的部分的尺寸变小。与此不同，本实施方式的测量结果是所有位置的尺寸都大致一定。可以认为：这是因为在比较例的蚀刻装置中，在上部电极急剧的高低差部分，产生等离子体粒子的对流，给晶片带来影响；而在本实施方式的上部电极20中，设置了圆顶形的凹部20a，凹部20a的外周部呈圆滑的形状，所以不产生等离子体粒子的对流的缘故。其结果，在本实施方式的蚀刻装置中，整体提高了尺寸控制性。

此外，在本实施方式中，列举了在外径20cm、厚度20mm的上部电极20中，设置内径15cm、最深部凹下5mm的圆顶形的凹部20a的例子。可是，在本实施方式的发明中，对上部电极20的凹部20a的深度，没有特别的限定，对凹部20a的半径，也只要在小于被处理基板3的半径的范围内即可，没有特别的限定。

另外，在本实施方式中，作为上部电极20的主要成分，使用了硅。可是，作为上部电极20的主要成分，使用其它材料，也能得到与本实施方式相同的效果。

另外，在本实施方式中，作为蚀刻氧化膜的反应性气体（等离子体产生用气体），使用了 $C_4F_8$ 。可是，在本实施方式的发明中，等离子体产生用气体的种类，例如只要是至少含有 $CF_4$ 、 $CHF_3$ 、 $CH_2F_2$ 、 $CH_3F$ 、 $C_4F_8$ 、 $C_5F_8$ 、 $C_4F_6$ 及 $C_2F_6$ 中的一种气体的物质即可。

### （第3实施方式）

下面，参阅附图，讲述本发明的第3实施方式涉及的干蚀刻装置及干蚀刻方法。此外，以下对氧化膜进行形成接触孔的干蚀刻为例进行讲述。

图 6 是表示第 3 实施方式涉及的干蚀刻装置的简要结构的示意图。此外，在图 6 中，对和第 1 实施方式的图 1 所示的干蚀刻装置相同的部件，赋予相同的符号，在说明书中也省略其说明。

在第 3 实施方式中，与第 1 实施方式的不同之处，是上部电极 30 的结构。上部电极 30，由厚度为 20mm、外径为 10cm 的中心部 32，和包围中心部 32 的侧面、厚度为 20mm、外径为 20cm 的环形状的外周部 31 这 2 个电极构成。然后，中心部 32 及外周部 31 分别形成可以独立控制与下部电极 2 的间隔的结构。

在本实施方式中，上部电极 30 由以硅为主要成分的材料构成。此外，虽然未图示，但在被处理基板 3 上，例如通过硅氮化膜形成蚀刻对象物——硅氧化膜。

下面，再次参阅图 6，具体讲述使用上述干蚀刻装置进行干蚀刻的方法。首先，由气体导入口 5 向反应室 1 输送  $C_4F_8$ 、 $C_5F_8$  或  $CF_4$  等氟代烃气体（反应性气体）、Ar 气及氧气。接着，给下部电极 2 外加电压，从而产生由上述气体构成的等离子体，对被处理基板 3 上的氧化膜进行蚀刻加工。这时的蚀刻，例如：在  $C_4F_8$  的流量为 10ml/min（标准状态）、 $O_2$  的流量为 5ml/min（标准状态）、Ar 的流量为 400ml/min（标准状态）、室内压力为 7Pa、等离子体发生用 RF 功率为 1500W、基板温度为 20℃ 的条件下进行。

下面，参照图 7，讲述采用本实施方式的干蚀刻方法形成的孔的精度。图 7 是表示在本实施方式的蚀刻装置中，改变外周部 31 的电极间隔进行蚀刻时，形状尺寸  $3\sigma$  成为最小值的中心部 32 和外周部 31 的高度之差的曲线图。在图 7 中，横轴表示外周部 31 和下部电极 2 的电极间隔，纵轴表示从蚀刻后的底径的形状尺寸  $3\sigma$  成为最小时的中心部 32 和下部电极 2 的电极间隔，减去外周部 31 和下部电极 2 的电极间隔后的值。

正如图 7 所示，随着外周部 31 和下部电极 2 的电极间隔的减小， $3\sigma$  成为最小时的电极间隔差变大。换言之，改变外周部 31 和下部电极 2 的电极间隔后，外周部 31 和中心部 32 的高度的最佳差的值也变大。因此，如果能够象本实施方式这样，在中心部 32 和外周部 31 中，独立控制电极间隔，就能按照蚀刻条件，始终提高尺寸的控制性。就是说，能够使等离子体粒子的再射入量在外周部 31 和中心部 32 取得均匀。

此外,在本实施方式中,列举上部电极 30 用厚度 20mm、外径 20cm、内径 10cm 的外周部 31 和厚度 20mm、外径 10cm 的中心部 32 构成的情况。但在本实施方式的发明中,对构成上部电极 30 的部分的数量及各部分的外径,并无特别的限定。

另外,在本实施方式中,作为上部电极 30 的主要成分,使用了硅。可是,作为上部电极 30 的主要成分,使用其它材料,也能得到与本实施方式相同的效果。

另外,在本实施方式中,作为蚀刻氧化膜的反应性气体(等离子体产生用气体),使用了  $C_4F_8$ 。可是,在本实施方式的发明中,等离子体产生用气体的种类,例如只要是至少含有  $CF_4$ 、 $CHF_3$ 、 $CH_2F_2$ 、 $CH_3F$ 、 $C_4F_8$ 、 $C_5F_8$ 、 $C_4F_6$  及  $C_2F_6$  中的一种气体的物质即可。

#### (第 4 实施方式)

下面,参阅附图,讲述本发明的第 4 实施方式涉及的干蚀刻装置及干蚀刻方法。此外,以下对氧化膜进行形成接触孔的干蚀刻为例进行讲述。图 8 是表示第 4 实施方式涉及的干蚀刻装置的简要结构的示意图。此外,在图 8 中,对和第 1 实施方式的图 1 所示的干蚀刻装置相同的部件,赋予相同的符号,在说明书中也省略其说明。

在第 4 实施方式中,与第 1 实施方式的不同之处,是上部电极 40 的结构。上部电极 40,由厚度为 20mm、外径为 10cm 的中心部 42,和包围中心部 42 的侧面、厚度为 20mm、外径为 20cm 的环形状的外周部 41 这 2 个电极构成。然后,中心部 42 由以对氟原子团的清除能力低的碳化硅(SiC)为主要成分的材料构成,外周部 41 由以对氟原子团的清除能力高的硅为主要成分的材料构成。

此外,虽然未图示,但在被处理基板 3 上,例如通过硅氮化膜形成蚀刻对象物——硅氧化膜。

下面,再次参阅图 8,具体讲述使用上述干蚀刻装置进行干蚀刻的方法。首先,由气体导入口 5 向反应室 1 供送  $C_4F_8$ 、 $C_5F_8$  或  $CF_4$  等氟代烃气体(反应性气体)、Ar 气及氧气。接着,给下部电极 2 外加电压,从而产生由上述气体构成的等离子体,对被处理基板 3 上的氧化膜进行蚀刻加工。这时的蚀刻,例如:在  $C_4F_8$  的流量为 10ml/min(标准状态)、 $O_2$  的流量为 5ml/min



(标准状态)、Ar 的流量为 400ml/min (标准状态)、室内压力为 7Pa、等离子体发生用 RF 功率为 1500W、基板温度为 20°C 的条件下进行。

接着, 参照图 9, 讲述采用本实施方式的干蚀刻方法形成的孔的形状尺寸的精度。图 9 是表示在现有技术的蚀刻装置和本实施方式的蚀刻装置的每一个中, 使电极间隔变化后进行蚀刻时, 形状尺寸  $3\sigma$  变化状况的曲线图。在图 9 中, 横轴表示上部电极和下部电极的电极间隔, 纵轴表示蚀刻后的底径的形状尺寸  $3\sigma$ 。曲线 (a) 表示本实施方式的蚀刻装置中的测量结果, 曲线 (b) 表示现有技术的蚀刻装置中的测量结果。此外, 作为现有技术的蚀刻装置, 使用上部电极是平板型的装置。

使用现有技术的平板型上部电极进行蚀刻时, 如图 9 的曲线 (b) 所示, 随着电极间隔的减小,  $3\sigma$  的值增大。与此不同, 使用本实施方式的上部电极 40 进行蚀刻时, 如图 9 的曲线 (a) 所示, 即使电极间隔成为 10mm 左右, 也可得到良好的  $3\sigma$  的值。由此可知, 即使电极间隔变得狭窄, 也能够控制孔的形状。下面, 讲述其理由。

在等离子体中, 导入反应室 1 内的气体被分解, 产生成为堆积物的  $C_xF_y$  原子团 (氟代烃原子团), 和成为蚀刻剂的 F 原子团 (氟原子团)。在这些原子团的粒子中, 有的在被处理基板 3 上进行反应; 有的被被处理基板 3 反射后, 排放到室外; 有的则被被处理基板 3 反射后, 又被上部电极 40 反射, 再射入被处理基板 3, 或者排放到被处理基板 3 的侧面。

在现有技术中, 与被处理基板的外周部相比, 在中心部的粒子再射入被处理基板的比率大。因此, 被处理基板的外周部和中心部的再射入量的差的值, 取决于电极间隔和电极半径之比。就是说, 随着电极间隔变小, 或随着电极半径变大, 再射入量的差的值就要变大。因此, 电极间隔大于电极半径时, 再射入量的差的值就变得相当大。

与此不同, 在本实施方式中, 由于上部电极 40 的外周部 41 的清除效果, 比中心部 42 高, 所以原子团与上部电极 40 碰撞后, 外周部 41 除去的原子团的比例大于中心部。这样, 就可以使由上部电极 40 再射入被处理基板 3 的外周部的原子团的量, 比现有技术减少, 使堆积物与蚀刻剂的比例在外周部 41 和中心部 42 中取得均匀。这样, 由于能够抵消等离子体粒子再射入的影响的差异, 所以可以良好地保持蚀刻后孔等的形状尺寸的控制

性，实现所需的蚀刻形状。

进而，在本实施方式中，因为由外周部 41 和中心部 42 构成的上部电极 40，具有平坦的下面，所以在上部电极 40 的凹凸的作用下，不存在产生等离子体粒子对流的危险。

此外，在第 4 实施方式中，将上部电极 40 的外周部 41 按照外径为 20cm、厚度为 20mm 的尺寸，由以对氟原子团的清除能力高的硅为主要成分的材质构成。另外，将上部电极 40 的中心部 42 按照外径为 10cm、厚度为 20mm 的尺寸，由以对氟原子团的清除能力低的 SiC 为主要成分的材质构成。可是，在本实施方式的发明中，构成上部电极的部分的数量、尺寸及材质，并无特别的限定。

另外，在本实施方式中，作为蚀刻氧化膜的反应性气体（等离子体产生用气体），使用了  $C_4F_8$ 。可是，在本实施方式的发明中，等离子体产生用气体的种类，例如只要是至少含有  $CF_4$ 、 $CHF_3$ 、 $CH_2F_2$ 、 $CH_3F$ 、 $C_4F_8$ 、 $C_5F_8$ 、 $C_4F_6$  及  $C_2F_6$  中的一种气体的物质即可。

本发明在上部电极和下部电极之间的间隔小于被处理基板的半径时，也能在被处理基板上形成所需的形状。从这一点上说，在工业上利用的可能性很高。

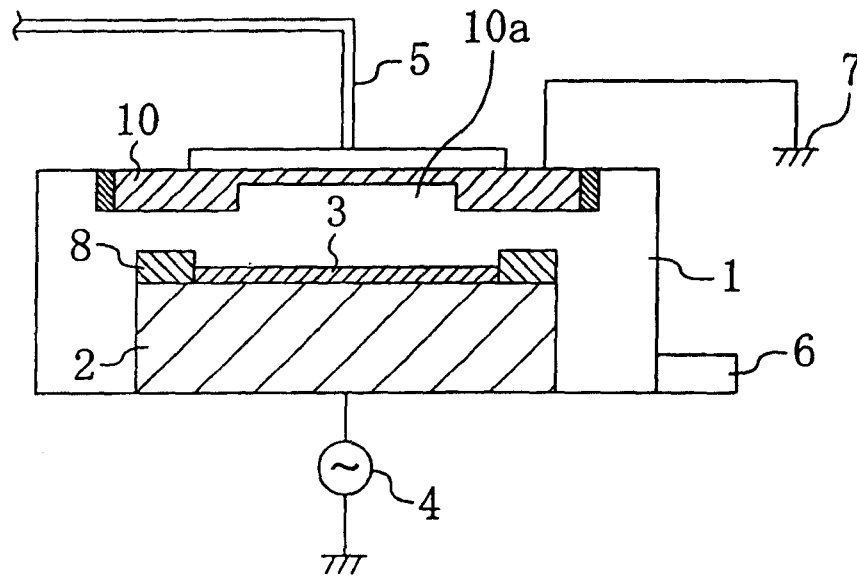


图 1

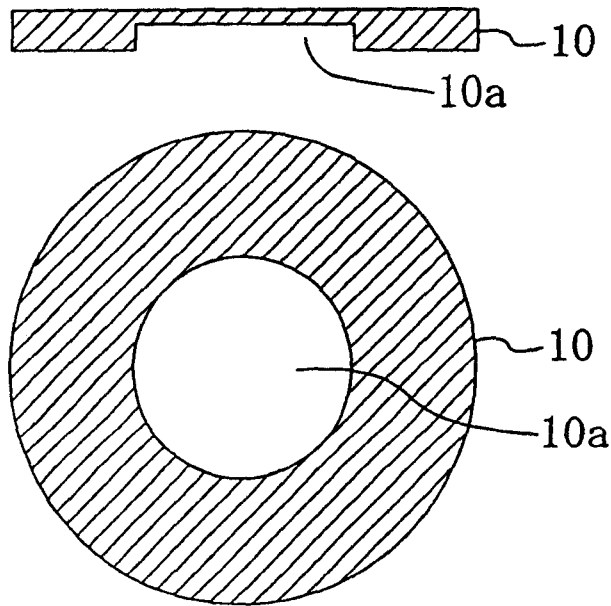


图 2

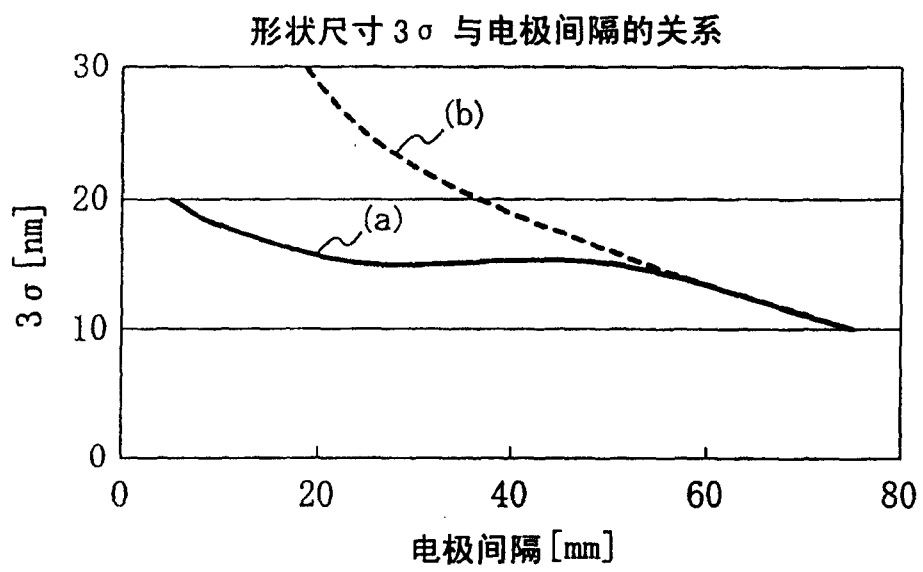


图 3

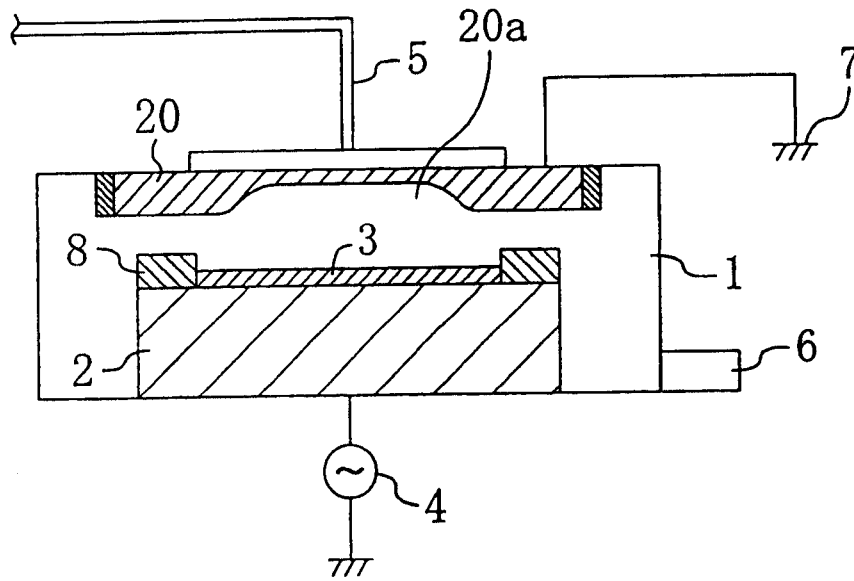


图 4

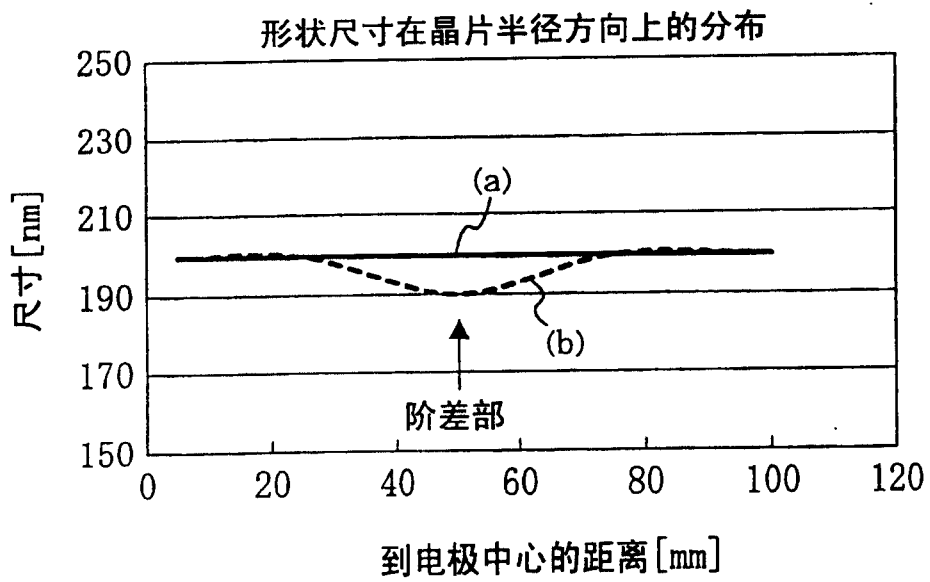


图 5

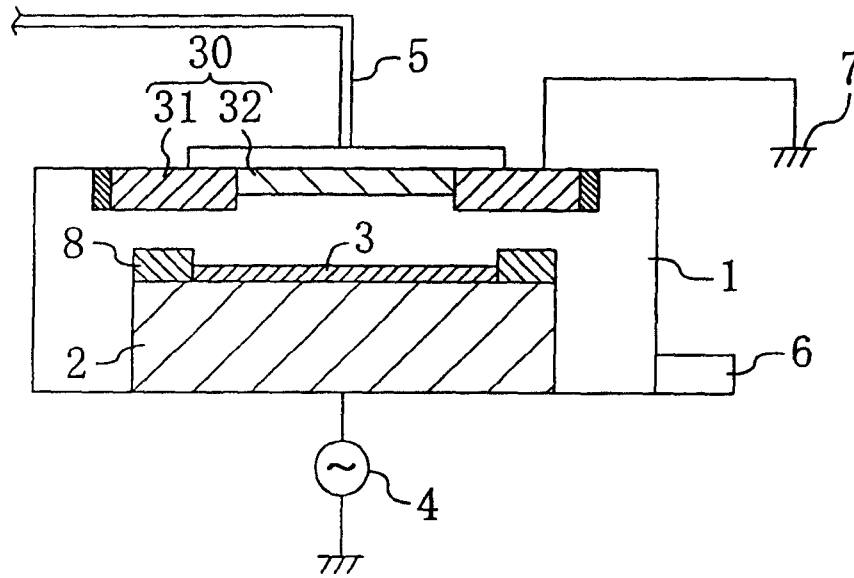


图 6

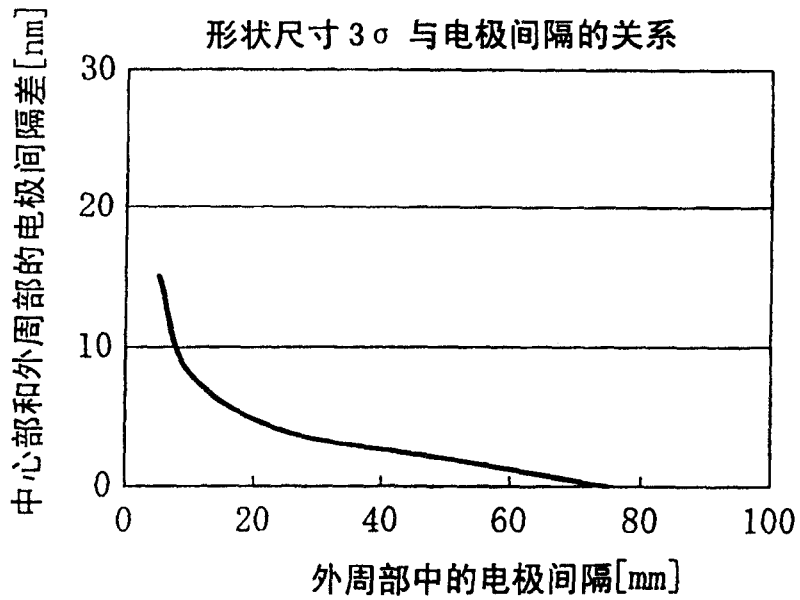


图 7

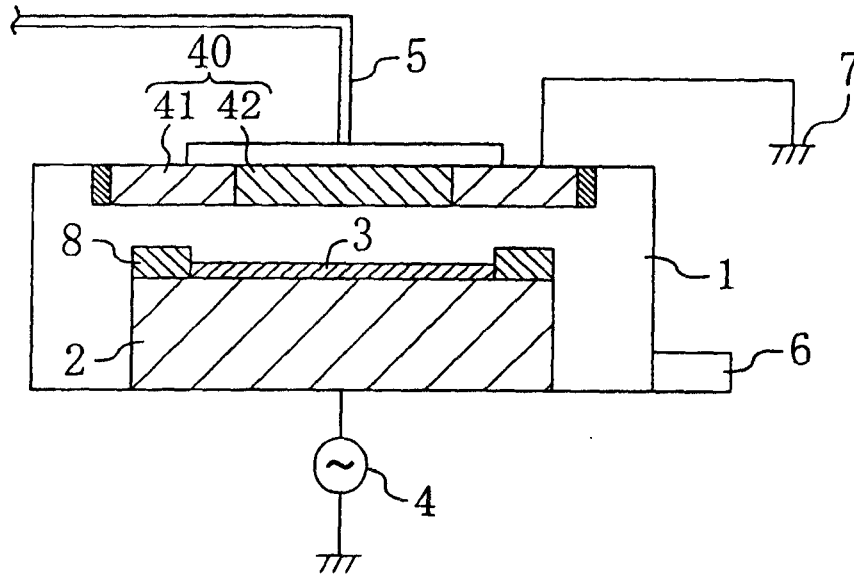


图 8

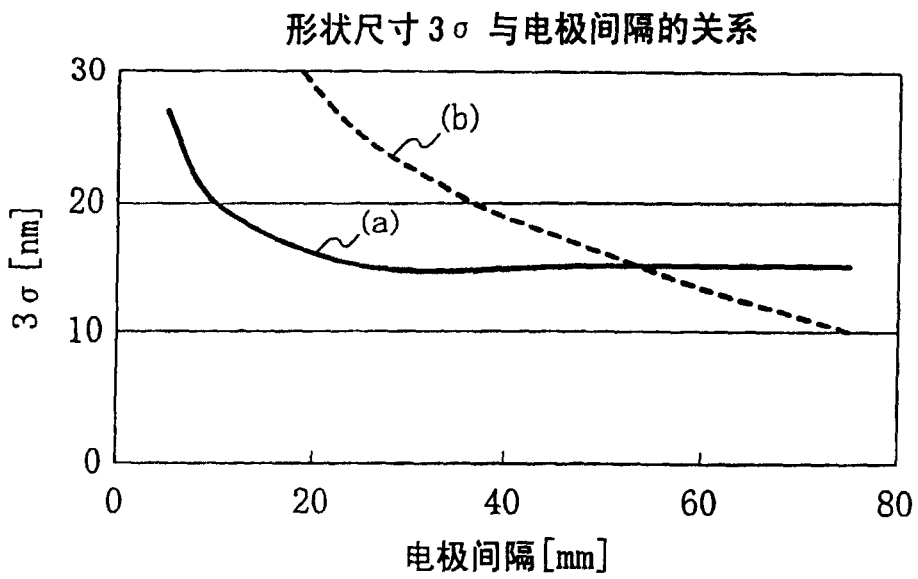


图 9

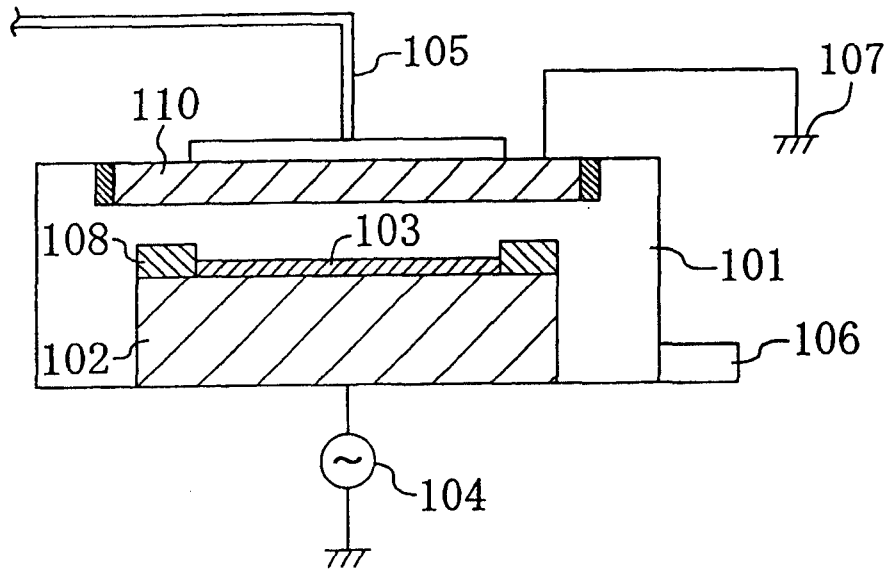


图 10

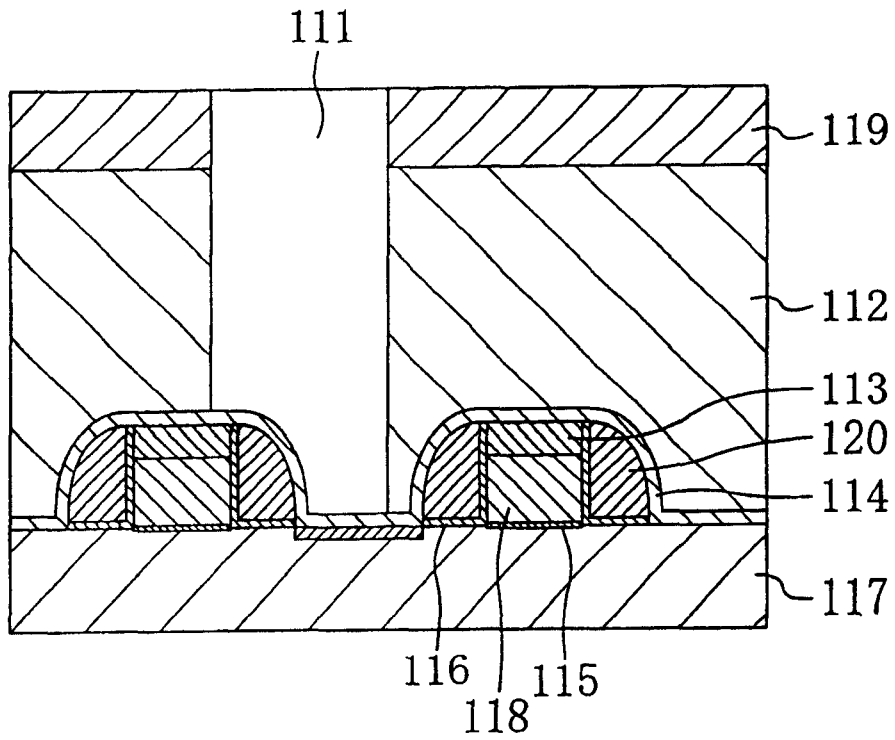


图 11



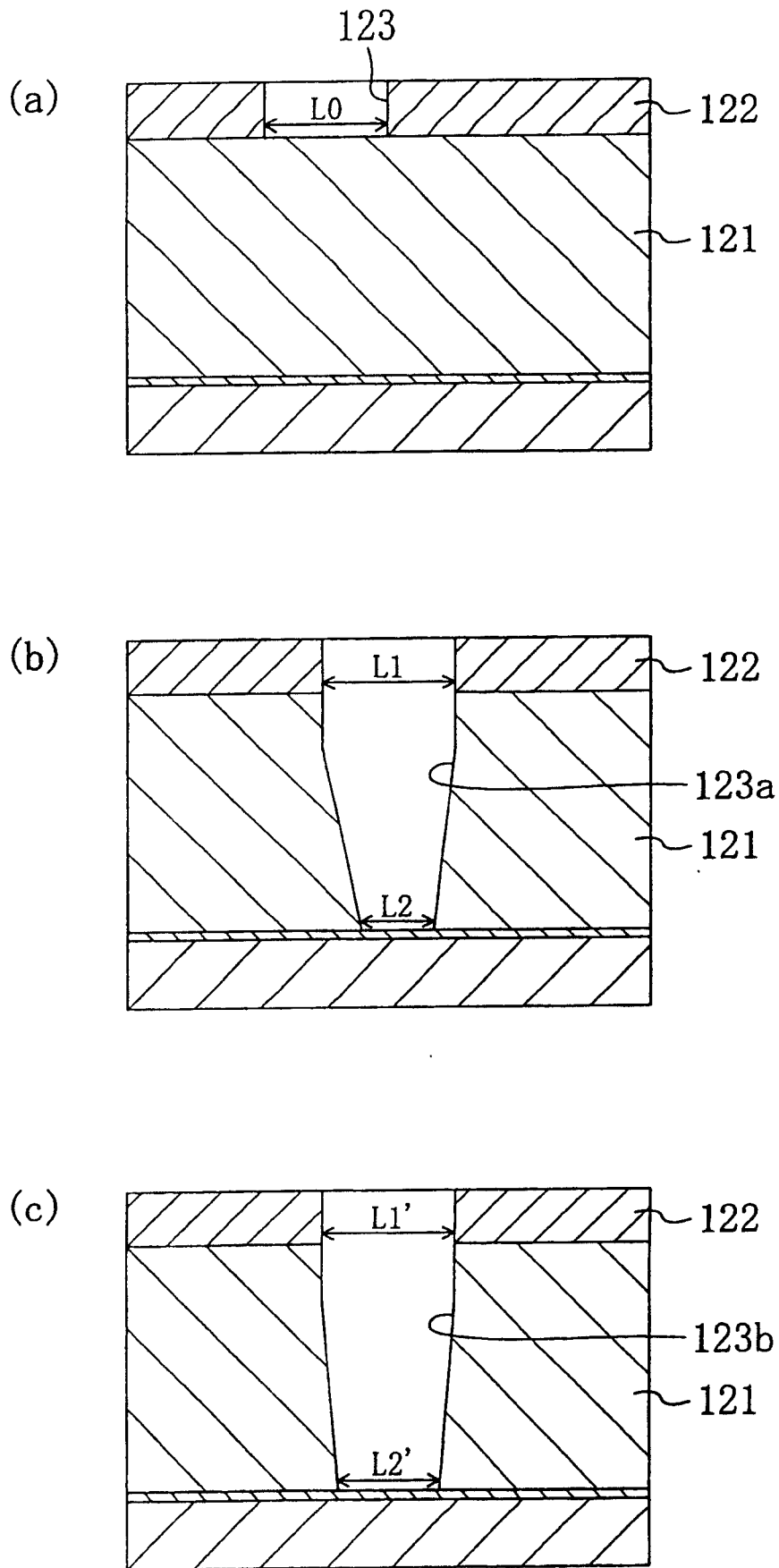


图 12

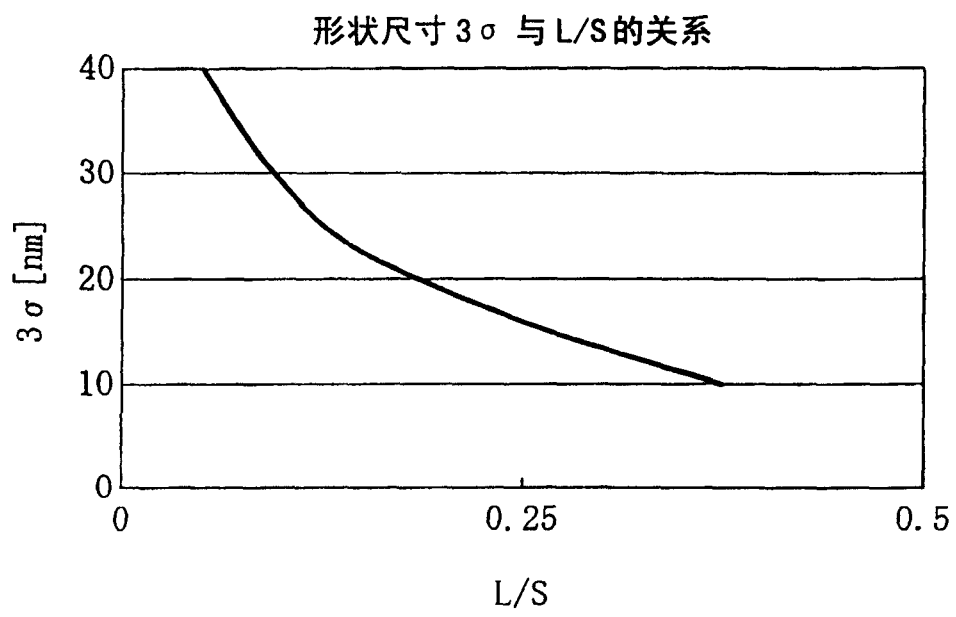


图 13