[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H01L 21/3065

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98120607.7

[45] 授权公告日 2004 年 4 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 1146024C

[22] 申请日 1998.10.15 [21] 申请号 98120607.7

[30] 优先权

[32] 1997.10.15 [33] JP [31] 282020/1997

[71] 专利权人 恩益禧电子股份有限公司

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 南部英高

审查员 朱芳芳

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

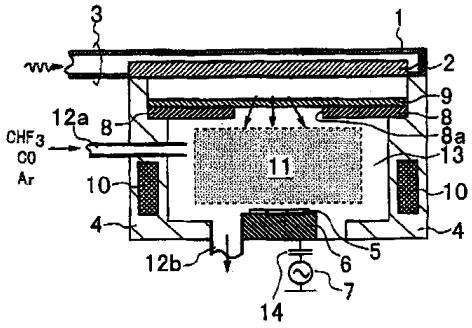
代理人 刘文意

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 6 页

[54] 发明名称 在掩模二氧化硅上钻孔的等离子蚀刻方法

[57] 摘要

本发明涉及一种等离子蚀刻方法，它在一掺杂或未掺杂二氧化硅膜上开一个约 0.3μm或更小、具有较大纵横尺寸比的穿孔。该方法包括形成一个带窗孔的掩膜层的步骤和一个通过该窗孔采用在反应室内的等离子和碳氟化合物蚀刻气体对二氧化硅膜进行选择性蚀刻的步骤。在选择性蚀刻的步骤中，需对蚀刻条件进行调节，使碳氟比例为 1.1 至 1.8 范围值的碳氟聚合物膜沉积在掩膜层上。掩膜厚度最好约为 1μm，本方法宜用表面波等离子蚀刻仪来实现。



ISSN1008-4274

1、一种等离子蚀刻方法，它可以在一块掺杂或未掺杂二氧化硅膜上开一个大小为 0.3μm 或更小的穿孔， 这个方法包括两个步骤，即在将被蚀刻的二氧化硅膜上制成一个带有窗孔的掩模层，以及使用基于碳氟化合物的蚀刻气体和反应室中的等离子通过所述掩模层的所述窗孔对所述二氧化硅膜进行选择性蚀刻，这样，就在所述二氧化硅膜上开了一个小穿孔，

其特征在于所述二氧化硅进行选择性蚀刻的步骤中，要调节蚀刻条件，以使一个碳氟比率在 1.1 至 1.8 之间的碳氟聚合物膜沉积在所述掩模层上。

2、如权利要求 1 中所述的方法，其特征在于所述碳氟聚合物膜的 C／F 比例范围在 1.15 至 1.75 之间。

3、如权利要求 1 中所述的方法，其特征在于所述碳氟聚合物膜的 C／F 比例范围是 1.2 至 1.7。

4、如权利要求 1 中所述的方法，其特征在于所述碳氟蚀刻气体是 CHF_3 、CH_2F_2 和 C_2HF_5 三种气体中的一种。

5、如权利要求 1 中所述的方法，其特征在于所述基于碳氟化合物的蚀刻气体的成分中包括一种惰性气体，

6、如权利要求 1 中所述的方法，其特征在于所述基于碳氟化合物的蚀刻气体的成分中包括一种 CO 气体。

7、如权利要求 1 中所述的方法，其特征在于所述二氧化硅膜的选

择性蚀刻是通过一个表面波等离子蚀刻仪实现的。

8、如权利要求1中所述的方法，其特征在于在一个表面波等离子蚀刻仪中所述反应室中的压力值范围在20mTorr至60mTorr之间。

9、如权利要求1中所述的方法，其特征在于在一个表面波等离子蚀刻仪中所述反应室中的压力值范围介于30mTorr至50mTorr之间。

10、如权利要求1中所述的方法，其特征在于所述掩模是由一个光保护膜形成的。

11、如权利要求1中所述的方法，其特征在于所述掩模层的厚度大为1μm或更小。

12、如权利要求1中所述的方法，其特征在于所述穿孔的纵横尺寸比为6或更大。

13、如权利要求1中所述的方法，其特征在于所述二氧化硅膜至少有一种杂质掺杂，其杂质为硼或磷。

14、如权利要求1中所述的方法，其特征在于通过确定所述碳氟化合的蚀刻气体的总流速和所述蚀刻气体的气态成分的单个流速，使所述沉积碳氟聚合物膜的C／F比例范围在1.1至1.8之间，且所述反应室中的压力固定在一个具体值上;

并且，所述反应室的压力从这个具体值起加以调节，以最大化所述二氧化硅膜和所述掩模层之间的蚀刻选择性，这样就能有最佳的蚀刻条件。

在掩模二氧化硅上钻孔的等离子蚀刻方法

技术领域

本发明涉及一种关于如何在一个二氧化硅（SiO_2）膜层上进行等离子蚀刻的方法，尤其涉及如何在一具备掩模的掺杂或未掺杂二氧化硅膜层的钻孔的方法，其中这个二氧化硅膜层的掩模之上采用一种基于碳氟化合物（CnFm）的浸蚀气体，这种气体常常被用于半导体器件的生产。

背景技术

近些年来，随着半导体集成电路装置（ICs）的集成程度的进一步提高，设计规则也变得越来越低。另一方面，为使一个基于 SiO_2 夹层介质层的表面平面化，人们通常使用化学机械磨光法（CMP）。因此，产生了一种使夹层介质层加厚的做法倾向。

在这种情况下，在夹层介质层上钻出的接触孔就有一种不仅在尺寸或直径上变小，而且在深度上变大的趋势。这就意味着，这些接触孔不仅需要有小直径而且要有较大的纵横尺寸比。这个纵横尺寸比就是接触孔的深度对其直径的比率。

通常情况下，作为一种 SiO_2 薄膜的微型加工工艺，等离子早已被半导体装置制造领域中所熟知并广泛采用。在等离子蚀刻工艺中，一种基于碳氟化合物（CnFm）的气体常常被作为一种浸蚀气体被浸入一个反应室中，其中 n 是一个介于 1 和 6 之间的整数，m 是一个介于 4 和 1 4 间的整数。然后，在两端电极上加以特定高度的电压以使反应室中产生一股辉光电流，这样就在反应室中产生等离子体，这种被浸入反应室中的基于碳氟化合物的气体（CnFm）的分子与存在于等离子体中的高能电子发生碰撞，这样，就会引发这种碳氟气体的离解。

在反应室中，活动或反应性的物质，即在中性离解过程中产生的 CnFm 碳氟化合物分子、粘着基以及中性基，都会沉积在一个将被蚀刻的 SiO_2 层

上，这样就在其上产生了一层碳氟聚合物。在沉积的同时，由电离离解产生的高能离子就会与沉积下来的碳氟聚合物层相撞，这样就使碳氟聚合物层膜和其下的 SiO_2 层膜挥发，这样，SiO_2 膜层就得到了所需的蚀刻。

当 SiO_2 膜层上被覆盖了一层一定分布格式的掩模层以在这个 SiO_2 膜上形成一个大尺寸比例的钻孔时，SiO_2 膜相对于掩模层的蚀刻选择性就需要尽量地高。如果实现了这一必需要求，SiO_2 膜层就被选择性地蚀刻，从而形成一个根据掩模层覆式分布的分布状况。

为了实现 SiO_2 膜层对覆盖其上的掩模的高度蚀刻选择性，人们采用了许多不同的技术。

其中人们熟知的，发展最好的技术之一的例子就是把气态一氧化碳添至一种基于碳氧化合物的浸蚀气体。这项技术见于 E. Ikawa 所著的一篇文献中，其名为《未来一代装置处理技术中的干蚀刻技术专论》，截于 1993 年《日本半导体技术程序》，见于 405－411 页。

这种常见的技术中，把一氧化碳添入碳氟蚀刻气体中的做法增大了沉积碳氟聚合物膜中碳和氟的比例，也就是（C／F）比例，这样就改进了碳氟聚合物的溅镀和浸蚀阻抗性能。换言之，沉积在掩模上的碳氟聚合物膜的浸蚀速率在等离子浸蚀过程中变低而作为一个浸蚀对象的 SiO_2 膜的浸蚀速率大致保持不变。这样，SiO_2 膜对于掩模和沉积碳氟聚合物膜的浸蚀选择性就相应地增大。

另一项人们熟知，应用较好的技术是于 1996 年发表的日本未审查专利公告号 8-92768 中。在这项常用技术中，（1）一种 CnFm 气体和氖（Ne）气的混合气体，（2）一种 CnFm 气体，氖气（Ne）和一氧化碳（CO）的混合气体，或者（3）一种 CnFm 气体氦气（He）和一氧化碳气体（CO）的混合气体被用作蚀刻气体，一种氮化硅（Si_3N_4）膜常用作为掩模或蚀刻保护膜。

在这项常用技术中，由于采用了上述混合气体（1），（2）和（3）中的任何一种，掩模层上的沉积碳氟聚合物膜层的（C／F）比率就被增大。这样，SiO_2 膜对于掩模层和沉积碳氟聚合物膜的选择性就变高。

但是，上述的两项常用的等离子浸蚀技术中，会发生下列问题:

具体地说，为了钻一个小直径或尺寸的钻孔，例如，大约 0.30μm 或更小，就需要由一种高超紫外线阻抗材料（UV）形成一层极细薄的掩模层以达到必须的格式准确度。在这种情况下，掩模层的浸蚀阻抗性能就会随着本身厚度的减小而减弱。

因此，在上述的常用等离子浸蚀技术中很难做到只通过增大掩模层上的沉积碳氟聚合物膜的 C／F 比率来钻出一个小尺寸的穿孔（大约 0.3μm或更小的直径）并使之有较高的纵横尺寸比。

事实上，发明者从未听过到任何一种通过使用一层固定格式掩模层在 SiO_2 膜层上钻一个直径小于或等于 0.25μm，纵横尺寸比又较高的穿孔的说法。

这样，为了处理好下一代半导体装置的制造技术，就需要实现一项能在一个 SiO_2 膜上形成一个轻小直径（大约 0.3μm 或更小）而又有较高纵横尺寸比的穿孔的等离子浸蚀方法。

发明内容

相应地，本发明的一个目的就是提供一种等离子浸蚀方法，以使在一个掺杂或未掺杂的覆有固定格式掩模层的二氧化硅膜上形成一个大小约 0.3μm或更小，拥有较高纵横尺寸比的穿孔。

本发明的中另一目的是提供一种等离子浸蚀方法，在等离子浸蚀条件已理想化的掺杂或未掺杂的二氧化硅膜上形成一个大小约 0.3μm或小于 0.3μm的，拥有较大纵横比的穿孔。

上述目的以及本处未提及的其它发明目的将会在下面的阐述中详细加以说明。

本发明的在一个掺杂或未掺杂的二氧化硅膜上形成一个大小约 0.3μm 或更小的穿孔的等离子浸蚀方法包括在被浸蚀的二氧化硅膜上开一个带窗孔的掩模层以及采用一种碳氟化合气体和在一个反应室中的等离子体选择性地穿过掩模层窗孔对二氧化硅膜进行蚀刻两个步骤，这样就在该二氧化硅膜上形成了穿孔。

在选择性蚀刻二氧化硅的过程中，蚀刻条件被加以调整，这样以使得一碳氟聚合物层（其碳氟比率，即 C／F 比率，在 1.1 至 1.8 之间）沉

积在掩模层上。

在本发明的等离子蚀刻方法中，在选择性蚀刻二氧化硅膜的过程中沉积在掩模层上的碳氟聚合物膜的C／F比率被调整在1.1至1.8之间。

因此，在掩模层表面上的碳氟聚合物膜的沉积率就能够足够地高，这样才能阻止在沉积碳氟聚合物膜由于大小约0.3μm或更小的穿孔之故没有关闭掩模层窗孔的时候对掩模层进行的浸蚀。

而且，在二氧化硅膜的一个未掩模区域上的碳氟聚合物的沉积率足够地低，以允许对这一未带掩模的区域进行蚀刻。

这样，一个直径小于或等于 0.3μm，有较高纵模尺寸比的穿孔就可以在覆有固定格式掩模层的掺杂的二氧化硅膜上形成了。

另外，在选择性对二氧化硅膜进行蚀刻的步骤中，碳氟聚合物层沉积在掩模层窗孔的内侧壁和二氧化硅膜的一个级进式蚀刻孔的内侧壁上，这就形成了侧壁对蚀刻的阻隔效果。这样，侧壁很少有浸蚀，这样就实现了满意的浸蚀异向性效果。

由于所需接触孔是由简单地调整沉积碳氟聚合物膜的 C／F 比率至1.1至1.8范围之间形成的，等离子浸蚀条件就实现了理想化。

本发明的设计人做出彻底的努力，来解决常规等离子浸蚀方法中上述问题。以下是他所发现的事实。

具体地说，当在等离子浸蚀中沉积在掩模层上的碳氟聚合物膜的 C／F 比率被调至 1.1 至 1.8 范围值之间时，碳氟聚合物膜是沉积在掩模层的一个表面上，而不能或很难通过掩模层的窗孔沉积在二氧化硅膜上的一个未带有掩模的区域上。

换言之，在掩模层的一个表面上的碳氟聚合物膜的沉积率足够地高，这样就阻止了在沉积碳氟聚合物由于大小约0.3μm或更小的穿孔之故不能关闭掩模层窗孔的时候对掩模层的浸蚀。而且，在二氧化硅的一个不带有掩模的区域上沉积的碳氟聚合物膜的沉积率就足以低，以允许对这一不带掩模区域的蚀刻。

这样，即使掩模层极其细薄，仍能够实现二氧化硅膜对掩模层和较高的选择性。这就意味着能够在掺杂或未掺杂的二氧化硅膜上形成一个直径小于或等于0.3μm，纵横尺寸比大的穿孔。

另外，在选择性蚀刻二氧化硅膜的步骤中，碳氟聚合物层沉积在掩模窗孔的内侧壁和二氧化硅膜的一个级进式蚀刻口的内侧壁上，这就产生了对蚀刻的侧壁阻隔效应。这样，这些侧壁很少有蚀刻发生，这就较好地实现了蚀刻的异向性。

本发明中的方法是根据上述实施发明出来的。

在本发明提及的方法中，最好应使蚀刻条件调整到碳氟聚合物膜沉积在掩模层上。在这种情况下，还有一个优点就是浸蚀选择性比碳氟聚合物的C／F比率介于1.2至1.8之间更高。且二氧化硅膜的蚀刻率也足够地高。

由于上述相同原因，最好还应使浸蚀条件调整到沉积在掩模层上的碳氟聚合物膜的C／F比率在1.2至1.7之间。

在本发明的方法中，作为基于碳氟化合物的浸蚀气体，可以使用饱和链烃的任意一种。这种饱和未饱和链烃的任一种的氢原子（H）都可以完全或部分地被氟原子（F）代替。

例如，可以使用 CF_4 、CHF_5 、CH_2F_2 、C_2HF_5 、C_2H_6 或者 C_4H_5 。在这些饱和和不饱和的链烃中，最好使用 CHF_3 、CH_2F_2 或者 C_2HF_5 ，因为这样可以实现较高的浸蚀选择性和较高的二氧化硅膜浸蚀率。

无须赘言，可以组合使用这些饱和和未饱和链烃中的至少两个作为碳氟化合物浸蚀气体。

也可以使用一种惰性气体如 He、Ne、Ar、Kr 或 Xe 来作为碳氟化合浸蚀气体的一个成分。在这些惰性气体中，He、Ne 或 Ar 是较理想的选择。因为它们容易得到。Ar 其理想的选择，因为它们容易得到。Ar 尤其理想，因为 Ar 不仅易得到，而且介格便宜。

为了使沉积的碳氟聚合物膜的C／F比率在1.1至1.8范围值之间，可以加入 CO 作为碳氟化合浸蚀气体的一个成分，换句话说，可以把 CO 加至饱和和不饱和链烃的至少一种之中来产生碳氟化合浸蚀气体。这是因为沉积碳氟聚合物膜C／F比率已被通过控制或调整 CO 气体和饱和和未饱和链烃气体至少之一的流速限定至1.1至1.8范围值之间了。

当包含有未被取代的氢的饱和和不饱和链烃的任一种被采用的时候，还有另一优点就是沉积的碳氟聚合物膜的C／F比率能够被限定在1.1

至 1:8 范围值之间而不需使用 CO。

即使采用拥有同一种成分的浸蚀气体，沉积碳氟化合物膜的 C／F 比率也会因所使用的等离子仪和浸蚀条件的类型不同而各不相同。因此，浸蚀气体的成分，如流速需要根据等离子仪和浸蚀条件的类型／种类的不同进行适当的调整。

在本发明的方法中，可以使用任何一类型的等离子浸蚀仪。例如，一个表面波等离子（SWP）蚀刻仪，一个电子回旋共振（ECR）微波等离子蚀刻仪，一个电感耦合等离子（ICP）蚀刻仪，一个螺旋波等离子蚀刻仪，一个磁控管等离子蚀刻仪，一个无线电频率等离子蚀刻仪，或者一个双频 RIE 等离子蚀刻仪都可以被使用。

但是，根据本发明的方法，最好要使用一个表面波等离子（SWP）蚀刻仪。这是因为，表面波等离子蚀刻仪使用面波，这样就可以实现较好的蚀刻均质性。

等离子蚀刻仪的反应室或蚀刻室里的压力根据蚀刻仪的种类／类型加以调整。总的来说，如果反应室里的压力过低的话，沉积的碳氟聚合物膜就没有足够的厚度来保护掩模层不受浸蚀，这就不能实现较令人满意的蚀刻选择性。另一方面，如果反应室里的压力过高的话，沉积的碳氟聚合物膜就会有较大的厚度，它总是通过掩模层的窗孔沉积在二氧化硅膜上的没有掩模的区域。这样，碳氟聚合物膜的可释放度就会下降而蚀刻的选择性也就不能令人满意。

根据发明者的测试，最好能把 SWP 蚀刻仪里的反应室中的压力限定在 20mTorr 至 60mTorr 范围值之间。这是因为高蚀刻选择性可以较轻易地实现一个小于或等于 0.3μm 的具有较大纵横尺寸比的穿孔。

除此之外，最好再能使 SWP 蚀刻仪中的反应室里的压力值范围限定在 30mTorr 至 50mTorr 之间，其原因和压力值在 20mTorr 和 60mTorr 之间的情况下相同。

作为一个掩模层，可以使用任何一种由无机化合物组成的膜层，例如，氮化硅（Si_3N_4）。但是最好能够使用一个光保护膜（通常叫光敏抗蚀膜）。如果使用一个无机化合物组成的膜层来作为掩模层，就不仅需要另采取措施来处理无机物膜层本身，而且可达到的定型准确率也应低

一些。通过使用一个能经过曝光和显像定型的光保护膜来作为掩模，掩模所必需的定型过程就能够被大大地简化并且可以较高的精确度形成掩模窗孔。

作为一种光保护膜，最好能够使用拥有化学放大性能以及能高度 UV 曝光的一种光保护膜。这是因为，这种光保护膜能够经受一束激元激光（如 KrF 激光）或电子束的光曝作用，这就使得很高的精确度对光保护膜进行定型布图成为可能。

由于必须对上述光保护膜的窗孔进行定型布图，根据这一必要性，最好要使光保护膜的厚度再一薄些。如果光保护膜的厚度不大，那么光保护膜的抗蚀刻就会减弱。根据本发明的方法，恰恰实现了蚀刻的高度的选择性，使之达到令人满意的状态，甚至厚度小的光保护膜也有较满意的选择性，这样，就可以把光膜的厚度限定在 1 μm 或更小而不会有什么问题。

更进一步地，这个光保护膜的厚度还可以设定为 0.8μm 或更小。在这种情况下，本发明中的这种方法就获得了明显的优势。光保护膜的厚度还可以设为 0.5μm 或更小，因为这样可以更有效地发挥本发明的方法的明显优势。然而，如果光保护膜的厚度过小的话，二氧化硅膜上的穿孔就很难有一个较大的纵横尺寸比。因此，当二氧化硅膜的穿孔的尺寸比大约为 6 或更大时，光保护膜的厚度就最好应为 0.2μm 或稍大。

掩模窗孔限定了二氧化硅膜上的穿孔的大小。本发明中的方法尤其适合于掩模窗孔约为 0.3μm 或更小的情况，因为这样更能体现和发挥本发明的优越性。掩模窗孔的大小可为 0.25μm 或更小，或者为 0.15μm 或更小，因为这样可以更好地发挥本发明的方法的优势。

掩模窗孔以及二氧化硅上的穿孔的横截面形状通常应为环形或椭圆形。但是，本发明所提出的方法并不只限于这些形状。无需多说，掩模层窗孔和二氧化硅膜的穿孔的形状可以不仅仅为圆形式椭圆形，还可以为其他形状，如方形和长方形。

二氧化硅膜上的穿孔的纵横尺寸比最好的为 6 或更大，因为这样可以更有效地发挥本发明中的方法的优势。二氧化硅膜上的穿孔的纵横尺寸比还可以是 7.5μm 或更大，因为这样可以更小地发挥本发明的方法的

优点。

在本发明中的方法中，二氧化硅膜可以是未掺杂物，或是任何杂质的掺杂物。具体地说，不仅可以使用流行工艺如热氧化法或化学气相沉积法（CVD）加工的未掺杂二氧化硅，还可以使用一个掺杂的二氧化硅，其杂质可为像硼（B）和／或磷（P）这样的物质。

杂质的硼的掺杂二氧化硅在室温下有玻璃属性。因此，它被称为硼硅玻璃（BSG）。杂质为磷的二氧化硅在室温下有玻璃属性，故它被称为磷硅玻璃（PSG）。杂质为硼和磷两种物质的二氧化硅在室温下有玻璃属性。故被称为硼磷硅玻璃（BPSG）。

本发明的方法能有效地适用于在一个半导体器件内作为一个夹层介质层的掺层的掺杂或未掺杂的二氧化硅膜上开一个小尺寸接触孔或通路，并使之有较大纵模尺寸比的工艺过程。

据发现，依据本发明提出的方法，可以在一个 BPSG 膜上开一个直径约 0.12μm、纵横尺寸比约为 17.5μm 的接触孔。

在本发明提出的方法中，可以在以下几个方面发现其最佳蚀刻条件。

具体地说，首先，碳氟化合物蚀刻气体的总流速和蚀刻气体的气态成分的单个流速是由两个因素决定的，即：沉积碳氟聚合物膜的 C／F 比率介于 1.1 和 1.8 之间，反应室内的压力被固定在一具体值上。

第二，反应室内的压力从这个具体值起加以调节或改变，这样，二氧化硅膜和掩模层之间的蚀刻选择性被最大化。这样，就可以找到最佳蚀刻条件。

很明显，上述最佳化步骤是非常简单而又可以较易实现的。

附图说明

为使本发明能被有效地付诸实践，下面是对有关图示的说明。

图 1 是一个根据本发明第一实施方案用于等离子浸蚀方法中的表面波等离子蚀刻仪的模截面简图。

图 2 A 至 2 E 分别是例示本发明第一实施例方案中的等离子蚀刻仪的一个样品的部分横截面略图。

图 3 表示的是根据第一实施例方案提出的等离子蚀刻方法中的沉积

碳氟氟合物膜的C／F比率和BPSG膜的蚀刻选择性和蚀刻速率的关系。

图4表示的是根据本发明第二实施例方案的等离子蚀刻方法中光保护膜和带有反应室内压力的BPSG膜之间的蚀刻选择性关系。

图5是一个根据本发明第三实施例的等离子蚀刻方法蚀刻而成的样品的部分横截面简图，在这个方案中，具有不同直径的接触孔用来穿透一个BPSG膜。

具体实施方式

本发明的最佳实施例分别参阅图1和图5加以描述。

第一实施例

根据本发明第一实施例的等离子蚀刻方法，需使用如图1所示的一个表面波等离子（SWP）蚀刻仪，它在一个BPSG膜上开出一个接触孔。

如图1所示，这个等离子蚀刻仪有一个圆柱状的反应室4和一个微波波导管3。微波波导管3固定在反应室4上，它是由铝板1（Al）组成的，并拥有一个能在其内部产生微波的腔体。微波波导管3的前端固定在反应室4的顶部。

一个由一块氟塑料组成的环状介质板2被固定在波导管3的前端，介质板2位于反应室4的顶部。

另一个由陶瓷组成的在反应室4的内部环状介质板9。它被固定在反应室4的内侧壁上并和叠于其上的介质板2相离。

一个环状阳极8固定在反应室4内的环状介质板9上。阳极8在中央部位有一环状窗孔8a，通过环状窗孔8a 可以发射表面波。并且，阳极8与地面电接通。

一个阴极6位于反应室4中。阴极6固定在反应室4中的底部，与阳极8相对。阴极6的设计可以使其顶部平面放置一个样品5或一个蚀刻物。

在反应室4的外部是一个射频（RF）能源供应装置7，它通过电容14与阴极6相联通。RF 电源供应装置7给阴极6和样品5供应偏压电压。

一个位于反应室4侧壁的加热器10给所述部位供应热源，这样就

可以使反应室 4 的内部保持一定的温度。

气管 1 2a 可以穿过反应室 4 的侧壁。碳氟化合物浸蚀气体通过气管 1 2a 进入反应室 4 。

抽气管 1 2b 可以穿透反应室 4 的底部。存在于反应室 4 中的浸蚀气体和浸蚀产品通过抽气管 1 2b 排出反应室 4 。

位于介质板 9 下面并由介质板 9 分开的反应室 4 的内部空间可作为反应空间或蚀刻空间 1 3 。

在实际操作中，微波径由波导管子被供给到反应室 4 的内部，以这种方式供给的微波被集中在介质板 2 上，然后开始沿着介质板 2 传播。这样，一个表面波就在介质板 2 上产生并向上发射。以这种方式产生的表面波经过在介质板 2 和 9 之间的空间传播至反应室 4 的蚀刻空间 1 3 ，介质板 9 和阳极 8 的窗孔 8a。

阳极 8 与地面电连接。因此，当一个 RF 偏压被 RF 能源供应装置 7 输至阴极 6 的时候，这个偏压被跨过阳极 8 和阴极 6 ，在这种情况下，在碳氟化合物蚀刻气体中产生辉光放电，进行蚀刻空间 1 3 和反应室 4 ，这就会产生等离子 1 1 。蚀刻气体被等离子 1 1 溶解并产生活动性或蚀刻物质。

如图 2 A 所示，根据第一例的离子浸蚀方法，采用一个单晶体硅(Si) 基片或晶片 1 5 来形成样品 5 。在硅基片 1 5 的一个主要表面上，通过 CVD 工艺法形成一个厚度为 2.1μm 的 BPSG 膜。而且，在 BPSG 膜 1 6 上还形成一个厚度为 0.8μm 的高 UV 光保护膜 1 7 。这一阶段的状况见图 2 A 。

如图 2 B 所示，光保护膜 1 7 有一个直径为 0.25μm 的环形窗口 1 7a，它是通过使光保护膜 1 7 曝光（光线由使用一个曝光掩模片从一个 KrF 激发物激光产生的）并使曝光的光保护膜 1 7 显像的方法形成的。这个阶段的状况见图 2 B 。

然后，由 Si 基片 1 5 ，BPSG 膜 1 6 和以按图路点饰的光保护膜 1 7 组成的样品 5 被放在阴极 6 上。阴极 6 在 SWP 蚀刻仪（如图 1 ）的反应室 4 的蚀刻空间 1 3 中。

相应地，作为碳氟化合物浸蚀气体，CHF_3 、CO、以及 Ar 的气态混

合物被添入反应室4中的蚀刻空间13中。CHF_3 和 CO 气体的总流速保持在80Sccm，同时，CHF_3 和CO气体的单个流速以以下方式变化:

（1）CO和CHF_3 的流速被分别定为0和80Sccm。在这种情况下，沉积碳氟聚合物膜20的C／F比率（见图2C）是1.1。

（2）CO和CHF_3 的流速被分别定为16Sccm和64Sccm。在这种情况下，沉积碳氟聚合物膜20的C／F比率是1.3。

（3）CO 和 CHF_3 的流速被分别定为28和52Sccm。在这种情况下，沉积碳氟聚合物膜20的C／F比率是1.6。

（4）CO 和 CHF_3 的流速被分别定为64和16Sccm。在这种情况下，沉积碳氟聚合物膜20的C／F比率是1.8。

被RF能量供应装置7传到阴极6的能量和频率分率分别被为600W和400KHz。被传到反应室4内部的微波的能量和频率分别定为1500W和2.45GHz。由加热器10提供的反应室4的侧壁温度为180℃。作为样品5一个部分的 Si 基片的温度被定为 65℃，在反应室4的蚀刻空间13内产生的等离子11（见图1和2C）的密度是10^{12} cm^{-3} 。

在反应室4中进行的等离子蚀刻过程如下:

如图2C所示，样品5受到由等离子11产生的蚀刻物质（未图示）和反应室4的蚀刻空间13内的蚀刻气体的蚀刻作用。具体地说，整个光保护膜17都受到蚀刻作用，同时，BPSG 膜16的一个不带有掩模的区域通过光保护膜17的窗孔17a受到相同的蚀刻作用。

在蚀刻过程中，如图2C所示，一碳氟聚合物膜层20会沉积到光保护膜17的表面上，碳氟聚合物膜层20的作用是使光保护膜17不受蚀刻作用。而且，在此蚀刻过程中，碳氟聚合物20被继续沉积到光保护膜17a的窗孔17a的内侧壁和BPSG膜16的一个级进式蚀刻孔或凹陷处19的内侧壁上面。沉积在这些内侧壁上的碳氟聚合物膜20产生一种防止蚀刻作用的侧壁阻隔效果。这样，侧壁很少有蚀刻作用发生。这就相应达到了满意的蚀刻异向性。

另一方面，碳氟聚合物膜层20几乎不会通过光保护膜17的窗孔17a沉积到BPSG膜16的不带掩模的区域。因此，BPSG膜16的不带掩模区域小孔或凹陷处19在BPSG膜16中形成。小孔或凹陷处19的

位置在光保护膜１７的窗孔１７a的正下方。

图２Ｃ中的数字２１表示小孔或凹陷处１９的底或BPSG膜１６的不带掩模的区域。小孔或凹陷处１９的底部与一个蚀刻的区域。小孔或凹陷处１９的底部与一个蚀刻端面相对应。

尽管碳氟聚合物膜２０总是沉积在BPSG膜１７的无掩模区域，但这个无掩模区域并未由碳氟聚合物膜２０覆盖。这种现象是由于碳氟聚合物膜层２０的沉积速度低于它的蚀刻速度。相应地BPSG膜１６被选择地在无掩模区２１蚀刻，这就使BPSG膜１６上形成小孔或凹陷处１９。

如图２Ｃ所示，沉积碳氟聚合物膜２０有一个突起２０a，它从位于光保护膜１７的窗孔１７a和BPSG膜１６的小孔或凹陷处１９之上的碳氟聚合物膜２０的一个垂直向下延伸的部分呈辐射状向内凸出。突起２０a的形成原理是：沉积碳氟聚合物膜２０的组成微粒包含了不与光保护膜２０表面垂直的沉积方向。

在这个蚀刻过程中，蚀刻端面向下级进，直至Si基片１５的主表面暴露出来，如图２Ｄ所示。相对蚀刻作用来说，Si基片１５的蚀刻速率很低，因此，在蚀刻过程中蚀刻端面２１不再级进，这样，碳氟聚合物膜２０也沉积在基片１５的暴露表面区域。这个阶段的状况见图２Ｄ。

最后，沉积碳氟聚合物膜２０和光保护膜１７再次被蚀刻或灰化过程通过在反应室４个的蚀刻空间１３中产生的一个氧（O_2）等离子去除。这样，如图２Ｅ所示，就形成了一个能穿过BPSG膜１６的柱状接触孔　１８。

图3表示的是BPSG膜１６的蚀刻速率和沉积碳氟聚合物膜２０的Ｃ／Ｆ率的关系以及BPSG膜１６和光保护膜１７的蚀刻选择性关系。它们根据的是第一实施例中的等离子蚀刻方法。在图3中，曲线ａ代表蚀刻速率，曲线ｂ代表的蚀刻选择性。

如图3所示，蚀刻选择性指数等于或大于7.5，并且处于一定范围，在这个范围中，沉积碳氟聚合物膜２０的Ｃ／Ｆ比率被限制1.1至1.8的范围值之间。这样，就可以在碳聚合物膜２０的Ｃ／Ｆ比率被限定在1.1至1.8之间时实现较高的蚀刻选择性。

而且，BPSG膜１６的接触孔１８可以从一个扫描电子显微镜（SEM）

观察：这样，就会发现，接触孔１８的内侧壁相对基片１５的主表面有一个大于等于８０度的斜度。同样，还会发现，在接触孔１８的底部看不到蚀刻残物。

沉积碳氟聚合物膜２０的C／F比率以以下途径测量：

在其上述BPSG膜１６和形成的相同光保护膜１７的另一Si基片１５作为样品５。然后，样品５被放在如图１所示的等离子蚀刻仪的阴极６上。接着，在与上述情况（１）至（４）相同的蚀刻条件下，一碳氟聚合物膜层就沉积在光保护膜１７上而不需经阴极６供给RF偏压，也就是说，不需产生等离子１１。这样沉积下来的碳氟聚合物膜２０可以经过X射线光电分光镜（XPS）分析，这样就可以测量出碳氟聚合物膜２０的C／F比率。

第二实施例

根据本发明第二例实施例的在一个BPSG膜上开出一个接触孔的等离子蚀刻法是通过采用上述如图１所示的SWP蚀刻仪和上述如图２A所示的样品５实现的。

此蚀刻过程的蚀刻条件与第一实施例方法中的条件一样，例外的是，CO和CHF_3气体的流速需加以调节，以使碳氟聚合物膜２０的C／F比率大致等于1.5，且反应室４的蚀刻空间１３中的压力在10mTorr至60mTorr间变动。

图４表示的是第一实施例中在反应空间１３压力下的光保护膜１７和BPSG膜１６的蚀刻选择性关系。

从图４发现，当蚀刻空间１３内的压力设定在20mTorr至60mTorr之间的范围时，就可以实现一个值为7.5或更高的高蚀刻选择性。

而且，BPSG膜１６的接触孔１８可以以第一实施例同样的方法进行观察。这样，就会发现接触孔１８的内侧壁相对基片１５的主表面有一个大于等于８０度的斜度。同样，在接触孔１８的底部观察不到蚀刻残余物。

第三实施例

本发明第三实施例在一个BPSG膜上开一个接触孔的等离子蚀刻方法

是通过使用如图 1 所示的上述 SWP 蚀刻仪实现的。

至于样品 5，与第一和第二例不同的地方在于，深度 UV 光保护膜 17 的厚度设为 0.5μm，比第一和第二例还要薄。而且，深度 UV 光保护膜 17 有三个环状窗孔 17a，直径分别为 0.16μm，0.14μm，和 0.12μm，这比第一和第二例中的还要小。

此蚀刻过程的蚀刻条件与第一实施例中的条件相同，不同的是，CO 和 CHF_3 气体的流速分别设为 32sccm 和 48sccm，这样，碳氟聚合物膜 20 的 C／F 比率就为 1.5，且反应室 4 的蚀刻空间 13 的压力被设为 30mTorr。

这样，BPSG 膜 16 和光保护膜 17 的蚀刻选择性为 12。

而且，在去除光保护膜 17 之前，可由一个 SEM 仪观察 BPSG 膜 16 的接触孔 18。因此，如图 5 所示，就会发现，在 BPSG 膜 16 中形成了几个接触孔 19，它们都有一个相对于基片 15 的主表面具有斜度值大约为 80 度或更大。同样，接触孔 19 的最大直径大约 0.16μm，0.14μm，和 0.12μm。

最大直径为 0.12μm 的接触孔 19 的纵横尺寸比大约为 17.5 (=2.1/0.12)。

在上述的第一到第三实施例中，如果沉积碳氟聚合物 20 的 C／F 比率被保持在 1.1 至 1.8 之间且 BPSG 膜 16 的蚀刻速率保持在不致使半导体器件的工作能力极低的水平的话，RF 能量、微波能量以及蚀刻气体的流速就可以被选择性地改变。同样，硅基片 15 的温度就可被设定在 40℃至 80℃之间。

尽管本发明第一实施例中采用的是一个 SWP 蚀刻仪，但本发明并不限制只使用此种仪器，任何除 SWP 蚀刻仪之外的等离子蚀刻仪都能被本发明的等离子蚀刻方法采用。

此外，一个 BPSG 膜都在第一至第三实施例采用。BPSG 膜具掺杂二氧化硅膜之一，且是半导体器件中夹层介质层的一个典型例子。但是，本发明可被应用于其他任何类型／种类的二氧化硅膜。例如，可以使用一个常常由热氧化法或 CVD 法形成的掺杂二氧化硅膜。还可使用一个 PSG 膜，即一个掺有磷的掺杂二氧化硅膜或一个 BSG 膜，即掺有硼的掺杂二

氧化硅膜。

基片 1 5 可以是单晶体硅以外的其他任何材料。

尽管我们已对本发明的较佳实施例进行了描述，但须认识到，在没有偏离本发明实质的情况下由技巧熟练者作一定的修改是不可避免的。因此，本发明的范围是由下列权利要求决定的。

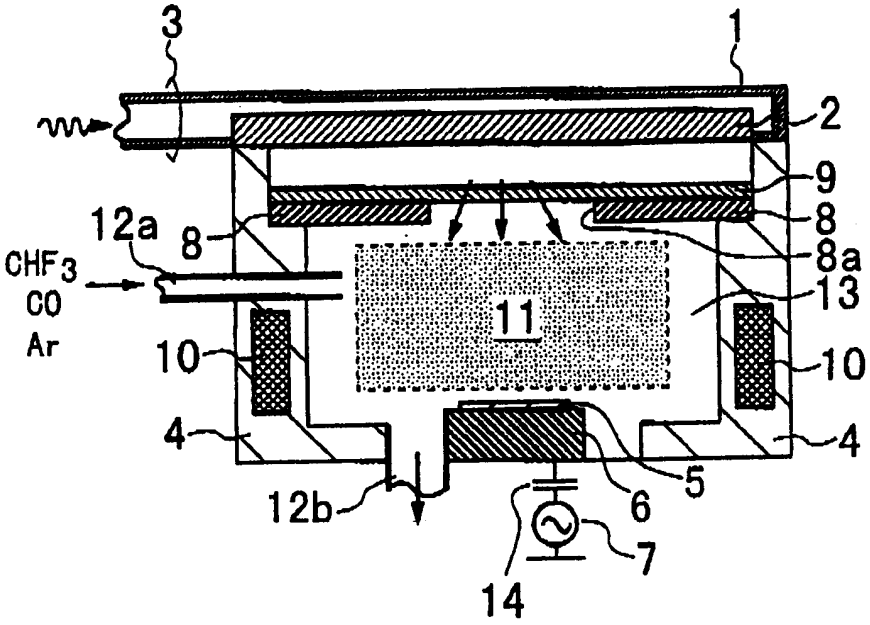


图 1

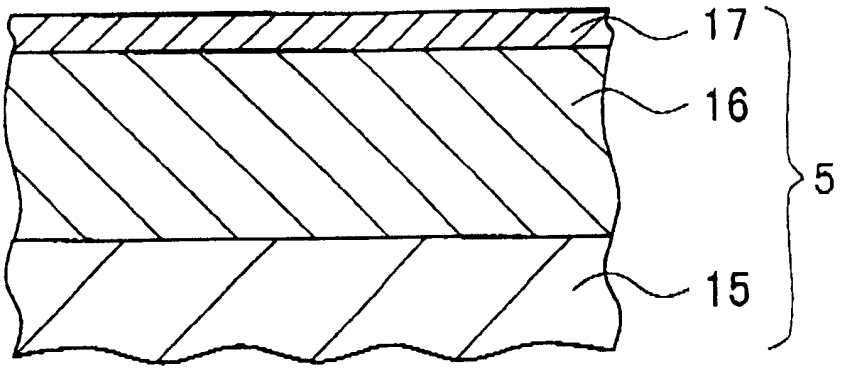


图 2A

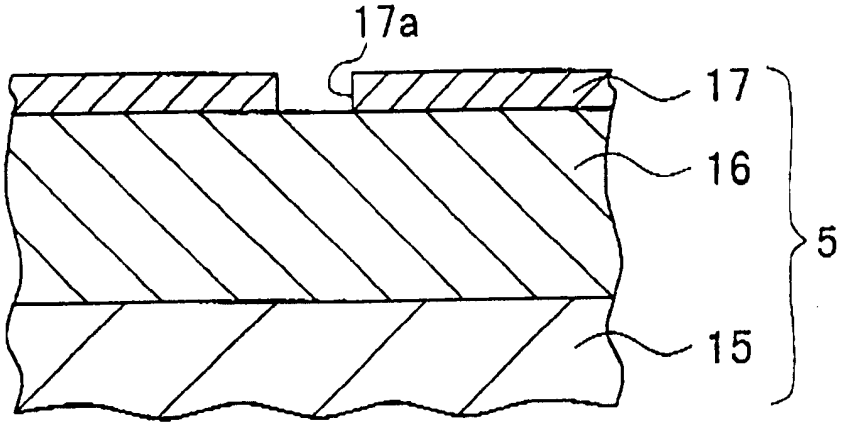


图 2B

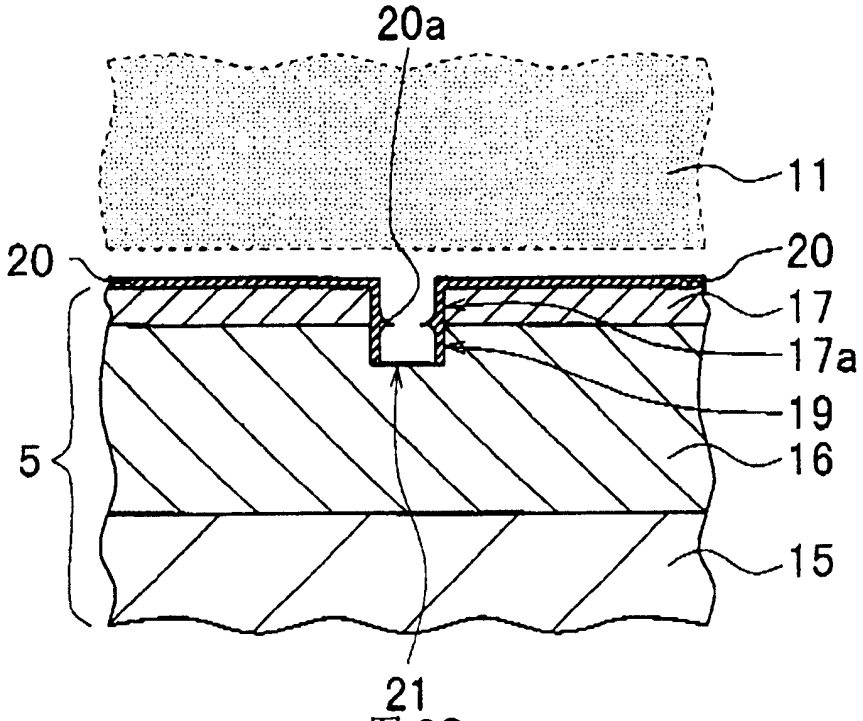


图 2C

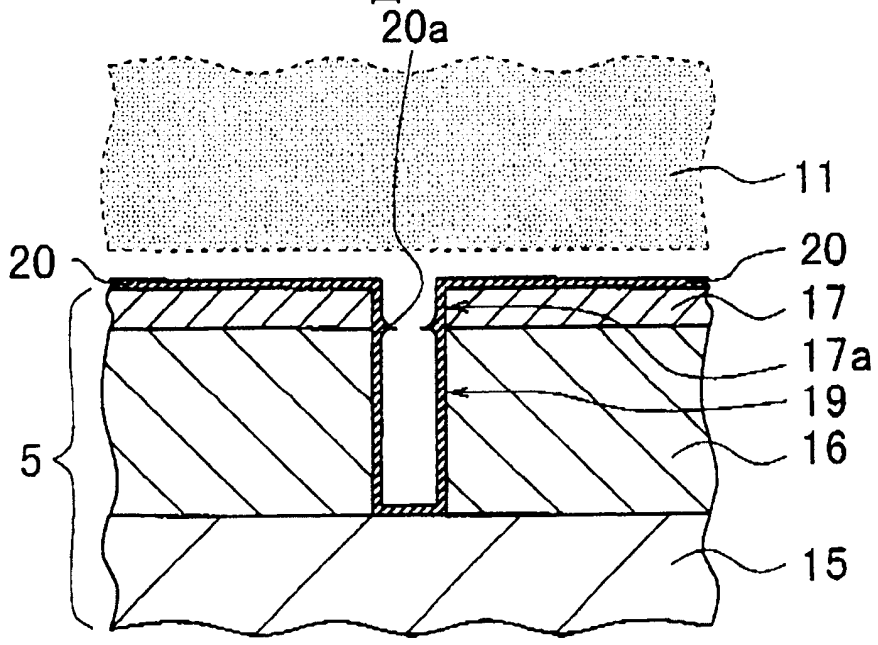


图 2D

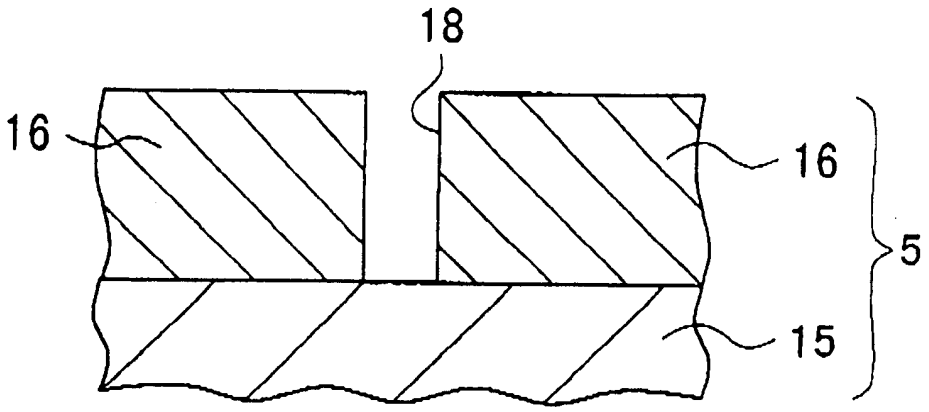


图 2E

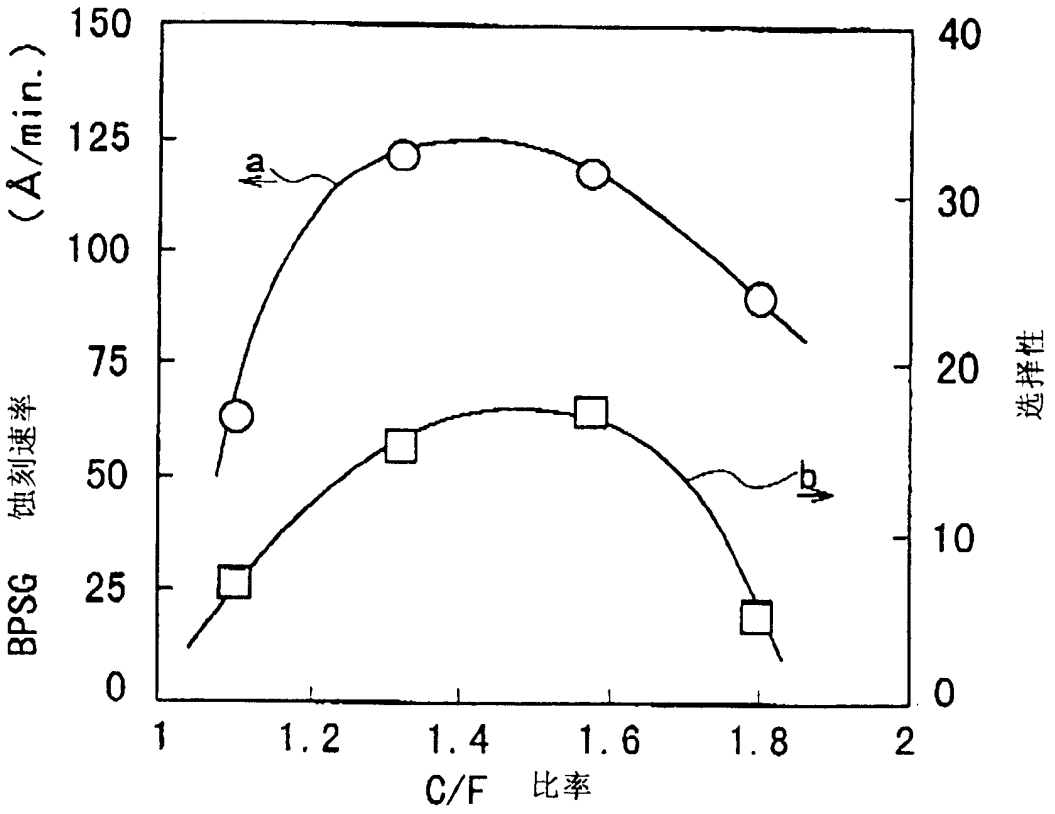

150
125
100
75
50
25
0
(Å/min.)
BPSG 蚀刻速率
40
30
20
10
0
选择性
a
b
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
C/F 比率

图 3

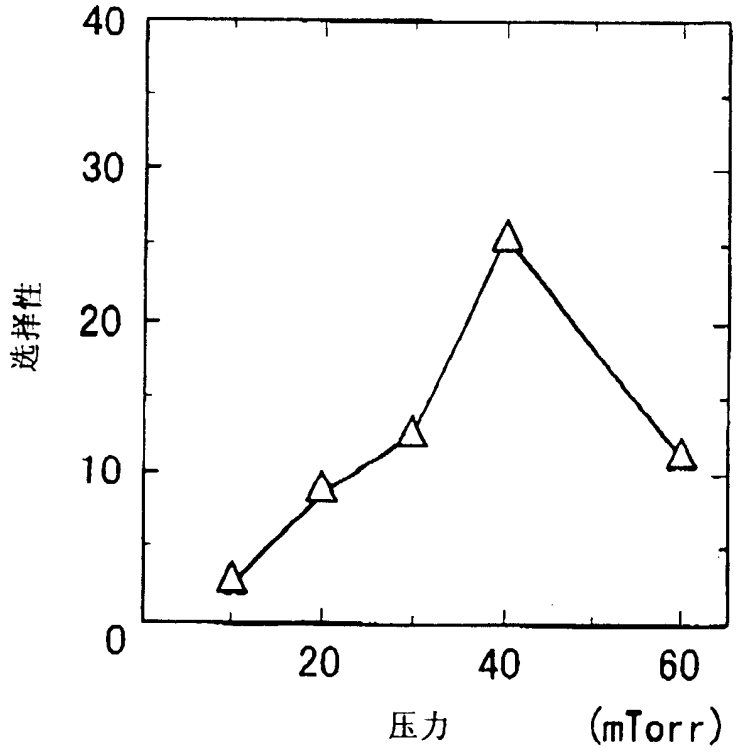

40
30
20
10
0
选择性
20
40
60
压力 (mTorr)

图 4

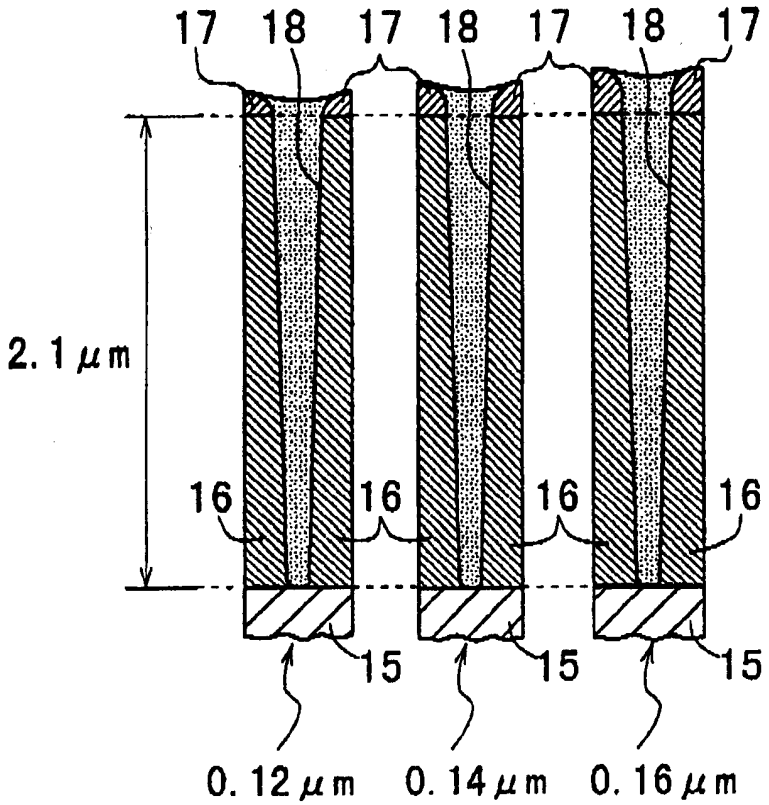


图 5