

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C23C 16/44 (2006.01)

H01J 37/32 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00817448.2

[45] 授权公告日 2006 年 4 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 1252313C

[22] 申请日 2000.12.8 [21] 申请号 00817448.2

[30] 优先权

[32] 1999.12.22 [33] US [31] 09/469,286

[86] 国际申请 PCT/US2000/032441 2000.12.8

[87] 国际公布 WO2001/046490 英 2001.6.28

[85] 进入国家阶段日期 2002.6.20

[71] 专利权人 兰姆研究公司

地址 美国加利福尼亚

[72] 发明人 B·C·理查德森 D·奥特卡

审查员 张京德

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 陈季壮

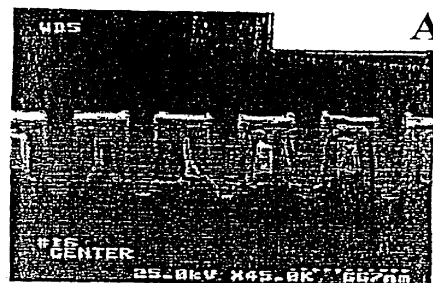
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 5 页

[54] 发明名称

清洗和调理等离子体反应腔体的方法

[57] 摘要

一种清洗和调理等离子体反应腔体内表面的方法，在该腔体中加工例如硅晶片的基片。该方法包括例如通过湿洗或就地等离子体清洗的清洗腔体，将调理气体通入到腔体中，将调理气体激发成等离子体，在内表面上沉积一层聚合物层和加工基片。进行调理步骤可在腔体内没有例如晶片的基片，而且在加工晶片产品之前不用使调理晶片通过腔体而进行加工步骤。在用于蚀刻铝的等离子体反应腔体的情况下，调理气体能够包括含氟气体，含碳气体和含氯气体。



步骤 1=30 秒，步骤 2=15 秒
15 BCl₃/45Cl₂ (RO_x=7154 埃)

1.一种清洗和调理其中加工基片的等离子体反应腔体的方法,包括以下步骤:

(a) 清洗等离子腔体以去除在腔体内表面上积累的沉积物;

(b) 将包含含氟气体和含碳气体的调理气体通入到腔体中,将调理气体激发成等离子体,和利用等离子体在腔体的内表面沉积一聚合物层,由此调理腔体,所述调理步骤在腔体没有基片时进行;和

(c) 在沉积步骤后在腔体中加工基片。

2.如权利要求1所述的方法,其中的激发步骤是通过将调理气体暴露在感应电场中来进行的,该感应电场由在射频天线线圈中共振射频电流而产生,该射频天线线圈放置在腔体的外部,靠近形成腔体外壳一部分的绝缘屏蔽件。

3.如权利要求1所述的方法,其中的调理气体进一步包括含氟气体,而且在沉积步骤中沉积的聚合物中包括氟。

4.如权利要求1所述的方法,其中通过开腔并进行湿洗而进行清洗步骤。

5.如权利要求1所述的方法,其中通过将清洗气体通入腔体中,将清洗气体激发成等离子体,用等离子体接触内表面以去除沉积而进行清洗步骤。

6.如权利要求1所述的方法,其中的基片包括晶片产品,而且在加工晶片产品之前腔体内没有加工调理晶片的加工步骤。

7.如权利要求1所述的方法,其中的加工步骤包括在晶片产品上蚀刻一种铝膜堆积。

8.如权利要求1所述的方法,其中进行调理步骤不需要对基片支撑体的射频偏压电极施加电源,该支撑体在加工步骤中支撑基片。

9.如权利要求1所述的方法,其中的调理气体进一步包含 Cl_2 、 BCl_3 、 CCl_4 、 SiCl_4 或它们的混合物。

10.如权利要求1所述的方法,其中的调理气体包含 CHF_3 并且进一步包含 BCl_3 和/或 Cl_2 。

11.如权利要求1所述的方法,其中在调理步骤中腔体的压力是在5至80毫托的范围内。

12.如权利要求2所述的方法,其中在调理步骤中在射频天线上施加200

至 1000 瓦功率。

13. 如权利要求 5 所述的方法, 其中等离子体清洗气体将内表面上的沉积物转换为气体副产品。

14. 如权利要求 1 所述的方法, 其中的腔体是等离子体蚀刻腔体。

15. 如权利要求 14 所述的方法, 进一步包括在清洗步骤之前在腔体中的一个或多个半导体基片上蚀刻铝的步骤, 该蚀刻步骤在腔体的内表面上产生沉积。

16. 如权利要求 14 所述的方法, 其中在调理步骤后将一个或多个半导体基片放入腔体中并在一个或多个基片上蚀刻铝。

17. 如权利要求 1 所述的方法, 其中进行调理步骤直至达到利用光学发射或干涉量度分析法确定的终点。

18. 如权利要求 1 所述的方法, 其中进行调理步骤分为第一和第二步骤, 调理气体在第一步骤中进一步包括含氯气体而在第二步骤中调理气体不含有氟。

19. 如权利要求 18 所述的方法, 其中在第一步骤中调理气体包含 1-30sccm 的 BCl_3 和 10-60sccm 的 CHF_3 , 而在第二步骤中调理气体包含 20-60sccm 的 BCl_3 和 20-60sccm 的 Cl_2 。

清洗和调理等离子体反应腔体的方法

技术背景

在半导体晶片的加工过程中,传统的是周期地就地进行等离子体蚀刻和 CVD 反应器的清洗。美国专利申请公开了一种用于清洗半导体晶片处理装置中 CVD 沉积腔体的方法,其中将腔体中的氟残留物,先前的氟等离子清洗步骤中留存的,与一种或多种例如硅烷(SiH_4)、氨、氢气、磷(PH_3)、乙硼烷(B_2H_6)和胂(AsH_3)的还原气体接触。另一种用于清洗和调理等离子体 CVD 反应器的技术在本发明人自己的美国专利申请 U. S. No. 5647953 中公开,其主要内容本文结合引用。过去,所作的这些清洗是在腔体中有晶片以便防护电极,但是现已变成更普遍的无晶片清洗。

其他用于清洗等离子体反应腔体的技术还公开于本发明人自己的美国专利申请 U. S. No. 5356478; 和美国专利申请 U. S. No. 4657616; 4786352; 4816113; 4842683, 4857139; 5006192; 5129958; 5158644 和 5207836 以及日本待审公开专利申请 No. 57-201016; 61-250185, 62-214175, 63-267430 和 3-62520 中。例如,为了去除 SiO_x 沉积物,已经使用一种激发成等离子态的含氟气体清洗腔体的内表面。通过将例如氢气(H_2)、硅烷(SiH_4)、氨(NH_3)、磷(PH_3)、乙硼烷(B_2H_6)或胂(AsH_3)的还原气体通过反应器就能够去除反应器清洗后留存的氟残留物。

通常也使用腔体调理加工,其中在调理过程期间将一种晶片放置在腔体中以保护电极。这些调理过程用于等离子体清洗后的沉积反应器是非常普通的,同时用于湿洗后的蚀刻反应器也是非常普通的。有时晶片上有沉积的膜,该膜有助于调理过程。作为一个实施例,已经使用抗涂覆的晶片以加速调理过程。这些调理步骤可以使用没有底部电源来干燥腔体壁的加工条件。

当加工产品晶片时,使用调理晶片来干燥等离子体反应腔体以获得重新加工条件的问题是这些调理晶片增加了成本,同时导致产量下降。因此,希望有在成本和生产率方面都更经济的一种调理处理。

附图简述

图 1 表示在本发明的无晶片自动清洗过程中 703 纳米发射的数据;

图2描述了0.25 μm 图案测试晶片的预蚀刻结构;

图3是用抗蚀剂晶片的腔体调理后和本发明的无晶片自动清洗过程后图案晶片终点轨迹的对比;

图4a-d是在本发明的无晶片自动清洗过程和无晶片恢复步骤后蚀刻结构的显微照片, 和图4e是在腔体中加工的使用抗蚀剂晶片调理的蚀刻结构的显微照片;

图5a-d是在本发明的无晶片自动清洗过程和无晶片恢复步骤后蚀刻结构的显微照片, 和图5e是在腔体中加工的使用抗蚀剂晶片调理的蚀刻结构的显微照片; 和

图6a-c是在本发明的无晶片自动清洗过程和无晶片恢复步骤后蚀刻结构的显微照片, 和图6d-f是在腔体中加工的使用抗蚀剂晶片调理的蚀刻结构的显微照片。

发明概述

本发明提供了一种清洗和处理加工基片的等离子体反应腔体的方法, 包括的步骤是: 清洗等离子体反应腔体以去除在腔体内表面上积累的沉积物, 将包括含氟气体和含碳气体的调理气体通入到腔体中, 将调理气体激发成等离子体, 在腔体的内表面沉积一层聚合物层, 以及在沉积步骤后加工腔体中基片。术语“聚合物”层是描述可以包含蚀刻或沉积副产品的有机物膜。

根据本发明一个优选的实施方案, 通过将调理气体暴露在感应电场中来进行激发步骤, 该感应电场由在射频天线线圈中射频电流谐振而产生, 该射频天线线圈放置在腔体的外部, 靠近形成腔体外壳部件的绝缘屏蔽件。另外, 通过打开腔体并实行湿洗来进行清洗步骤, 或者通过将清洗气体通入到腔体中, 将清洗气体激发成等离子体, 用等离子体接触内表面而去除沉积物进行清洗步骤。在优选的方法中, 当腔体中不含有基片和/或基片包含一产品晶片的时候进行调理步骤, 同时在加工产品晶片之前不需要在腔体中加工调理晶片而进行加工步骤。并且, 进行调理步骤时并不需要对基片片支撑的射频偏压电极通电, 该支撑体在加工步骤中支撑基片。

在清洗铝蚀刻反应器中, 调理气体能够进一步包括含氟气体以使在沉积步骤中沉积的聚合物中含有氟。而加工步骤包括在产品晶片上蚀刻一种铝层。在这种情况下, 调理气体可以包括 Cl_2 、 BCl_3 、 CCl_4 、 SiCl_4 或它们的混合物。例如, 能

够在一个或多个步骤中进行调理步骤而使用 CHF_3 、 BCl_3 和/或 Cl_2 作为调理气体。在调理步骤中腔体的压力可以是在从大约 5 至 80 毫托的范围内和/或在调理步骤中在产生等离子体天线上施加 200 至 1000 瓦功率。

优选实施方案详述

本发明提供了一种经济的清洗和调理其中加工基片的等离子体反应腔体的方法。该方法包括清洗等离子体反应腔体以去除在腔体内表面上积累的沉积物，将包括含氟气体和含碳气体的调理气体通入到腔体中，将调理气体激发成等离子体，在腔体的内表面沉积一层聚合物层，在沉积步骤后在腔体中加工基片。

在一个优选的实施方案中，本发明对等离子体蚀刻铝膜堆积使用的调理腔体提供一种无晶片等离子体清洗的恢复方法。等离子体蚀刻铝的方法产生一种沉积在整个反应器上的副产品。最终该副产品达到一定厚度，而不再粘附在反应器壁上并且成颗粒脱落污染待蚀刻的基片。当发生这种情况时，必须打开反应器用湿洗方法清洗反应器。

制备用于清洗的反应器的过程，和实际清洗过程以及腔体清洗之后调理腔体所需的步骤一起，需要大量的时间。为了尽量扩大晶片加工的生产率，希望延长每次打开腔体进行开腔清洗之间的时间。这样作的一种方法将是进行等离子体清洗，该方法适宜减少沉积在腔体中的蚀刻副产品从而导致延长每次开腔清洗之间的时间。然而，由于等离子体清洗代替通过去除反应器沉积的腔体调理，在等离子体清洗后一般有工艺变化。结果，铝蚀刻速率，蚀刻图案和 CDs (临界尺寸) 特征的变化就能超出待制造器件的可接受范围。如果使用等离子体清洗，将晶片循环通过腔体以便在蚀刻晶片产品之前重新修复腔壁。

在腔体内需要晶片的调理方法中，也可需要一种特殊的晶片种类。这就限制了在生产环境中铝蚀刻的等离子体清洗过程的适应性，因为要中断生产流水线，不得不在腔体中放置特殊晶片并且在等离子体清洗后进行调理过程。结果，在生产中，不使用等离子体清洗而需要更频繁地打开反应器进行长的湿洗工序。因此，使用等离子体清洗来延长湿洗时间的反应器有效性的优点被用特殊类型晶片修复腔体而抵消。

本发明提供了一种方法，运行该方法能够在腔体中不需要晶片而修复等离子清洗后的腔体。由铝蚀刻沉积的副产品已经表现出包含大量有机材料。沉积物出现在整个蚀刻过程，而且通过提供侧壁钝化源，和提供各种反应物重新结合和

吸收的场所而参与该过程。能够利用含氧等离子体清洗沉积物。然而这将在腔体中残留一些 O_2 。另外，众所周知，在铝蚀刻气体中加入 O_2 会增加铝蚀刻速率而且对蚀刻图案结果具有影响。

为了在等离子体清洗后修复腔体，要求去除或结合残留 O_2 以使蚀刻过程不受影响。还要求提供有机沉积物，该物以沉积物副产品所作的相同方式参与过程。在无晶片调理过程中，必须作到不侵蚀卡盘，在该过程中没有覆盖或保护该卡盘。

这样作的优选方法是使用 BCl_3 和 CHF_3 的等离子体方法。在例如可从 LAM Research Corporation 获得的 TCP9600™ 蚀刻器的电感耦合等离子体蚀刻器中，进行该方法是通过上面电极(TCP™ 电源)源而不是底部电极施加高的射频功率，底部电极在晶片加工中提供底偏压。这就是成低的等离子体势并防止晶片卡盘的侵蚀。 BCl_3 适宜清除腔体中的残留 O_2 而 CHF_3 是腔体内壁上有机材料沉积源。 BCl_3 也是出现在蚀刻副产品沉积物中的氯源。在表 1 中表示 TCP9600™ 蚀刻反应器经典的加工条件和范围。

表 1					
无晶片恢复过程的加工条件					
	压力	TCP™ 功率	偏压功率	BCl_3	CHF_3
典型	50mt	700 瓦	0 瓦	15sccm	37sccm
范围	10-99	400-1200	0-5	10-30	10-60

根据铝蚀刻堆积和加工的需求，可以需要无晶片恢复加工的第二步骤。如果铝蚀刻加工以不包含 CHF_3 的步骤结束，消除 CHF_3 的恢复过程中的最终步骤将改善恢复加工。在表 2 中表示两步法无晶片恢复方法的一个实施例。

表 2						
两步法无晶片恢复过程						
	压力	TCP™ 功率	偏压功率	BCl_3	Cl_2	CHF_3
步骤 1	50mt	700 瓦	0 瓦	15sccm		37sccm
步骤 2	15mt	450 瓦	0 瓦	30sccm	30sccm	

在考虑 O_2 去除能力而选择 BCl_3 的同时，例如 CCl_4 和 $SiCl_4$ 的其它气体也适宜交替使用。通过加入 Cl_2 提高了氯的浓度。同样地，可以容易地使用许多氯烃、氯烃和 CFC 气体取代 CHF_3 作为聚合物源。能够加入例如氮气和氩气的稀释气体

而保持有效加工。

无晶片恢复加工能够在不需要特殊晶片种类下进行, 排除了对操作员介入的需要。恢复加工中不需要晶片的另一个好处是生产时间的损失最小, 因为没有额外花时间用于清洗或调理步骤中在腔体内放置晶片。这样的直接结果是反应器对蚀刻昂贵产品的较高适应性。

在反应器湿洗后无晶片恢复步骤的使用还具有减少湿洗恢复时间的优点。例如, 与其中花费大约 90 分钟使 50 个抗蚀剂晶片通过湿洗的腔体的调理步骤比较, 本发明的调理方法能够在大约 5 分钟或更短的时间内完成。因此, 本发明的调理方法能够将腔体清洗后的恢复时间减少超过 50%, 甚至 80% 或更多。另外, 能够在更短的时间中调理腔体而不需要使用或最低限度地使用调理晶片。提高反应器对产品的适应性, 和降低对无晶片产品的需求两者都对增加消费者的效益大为有益。

测试数据和结果, TCP™9600SE™ 系统的系统基准

这个研究是从 9600SE™ 系统的基准开始的。湿洗腔体, 运行覆盖光刻胶晶片以调理腔体。对调理后的腔体连续运行铝蚀刻速率晶片来建立蚀刻速率标靶用于无晶片恢复加工的开发工作。由于制定了执行长时间 O₂ 无晶片自动清洗 (WAC), 加工蚀刻速率发生变化。在表 3 中表示由基准测试得到的蚀刻速率结果。

表 3			
O ₂ 无晶片自动清洗之前和之后 8 分钟的铝蚀刻速率基准数据			
晶片编号	平均晶片高度	由于清洗变化的百分比 %	压力控制阀角度 (打开 %)
预清洗 # 1	4602		36.8
预清洗 # 2	4659		36.1
WAC 后	5254	13.5%	35.5

腔体/恢复过程的解释

已经提出一些机理来说明无晶片自动清洗后蚀刻速率增加。一种蚀刻速率恢复的建议是使用 Cl₂ 流动控制而不是压力控制阀位置来控制压力, 因为铝蚀刻速率是以 Cl₂ 流动来衡量。Cl₂ 与清洗和调理腔体壁的相互作用会有差异 (吸收, 重新结合, 等等), 而且如果这样影响了纯净 Cl₂ 的浓度, 就能够反映到固定压

力控制阀位置的腔体压力上。

已经报导在一些铝蚀刻方法中少量 O_2 的加入增加铝蚀刻速率。腔体中残留的 O_2 被认为是无晶片自动清洗后蚀刻速率增加的一个可能的原因。一种清除残留 O_2 的调理过程能够证明这个观点。

循环抗蚀剂晶片对于腔体调理是一种非常有效的方法，而且对湿洗后的恢复过程是受欢迎的。这说明蚀刻副产品中碳的角色在腔体调理中是重要因素。另外， O_2 无晶片自动清洗对腔体清洗的有效性表明可用有机沉积物调理腔体内壁。对腔体调理使用有机沉积化学物能够证明这个观点。

考虑提出的那些机理并且进行一系列的实验来确定明显的效果。

对于在操作时 Cl_2 流动控制的选择来说，在无晶片清洗之前和之后在固定压力控制阀表示的压力下必须有可测量的差异。同样地，如果 Cl_2 流动控制能够是有效的，在无晶片自动清洗后我们也希望看到压力控制阀开得更大来保持设定的压力。在 WAC 之前(2 个晶片)和之后测量压力控制阀位置。在位置上的变化是很小的而且，如果明显，对于蚀刻速率恢复在错误方向的 Cl_2 流动控制是有效的。

基于这些，调查腔体恢复的手段是盯着无晶片恢复步骤(WRS)的可行性。考虑到提出的机理，研究 3 种化学物，称为 Cl_2/BCl_3 (O_2 清除)， Cl_2/CHF_3 (有机沉积)， BCl_3/CHF_3 (清除和沉积的联合)。

为了测试可能的 WRS 加工，采用基准铝蚀刻方法，每个晶片之间循环运行 WAC(12 秒)和 WRS 加工将系统设置为循环覆盖抗蚀剂晶片。测试的 3 个 WRS 步骤在表 4 中表示。对每一个测试来说，在进行铝蚀刻速率测试之前循环 30-40 个覆盖抗蚀剂晶片。表 5 表示每一个速率结果。对调理的腔体来说，铝蚀刻深度是 4630 埃。 BCl_3/CHF_3 过程表现出在 WAC 后使用 WRS 能够恢复所需的铝蚀刻速率。假设蚀刻速率是过程变化的一个初级指标，在 WAC 后使用 WRS 来恢复所需的加工稳定性的可行性看起来非常好。

表 4			
测试 WRS 工艺条件			
参数	Cl_2/BCl_3	Cl_2/CHF_3	$\text{BCl}_3/\text{CHF}_3$
压力	20mt	20mt	50mt
TCP TM	700W	700W	700W
Cl_2	162sccm	30sccm	
BCl_3	54sccm		15sccm
CHF_3		37sccm	37sccm
步骤时间	8 秒	15 秒	20 秒

表 5		
对于 WRS 过程测试的蚀刻深度结果		
WRS 过程	铝蚀刻深度	由调理的腔体的变化
Cl_2/BCl_3	5445 埃	17.6%
Cl_2/CHF_3	5300 埃	14.5%
$\text{BCl}_3/\text{CHF}_3$	4671 埃	0.9%

无晶片清洗频率

WAC 实施的一个重要部分将是选择 WAC 频率, 在保持清洗腔体使效力最大时它使得对产量的影响减至最小。判定适宜的 WAC 终点指标是在 703 纳米的光学发射。当已经充分地清洗腔体时该信号在整个 WAC 过程中退化和平坦化。

进行一系列的测试来确定每次 WACs 之间所需的 WAC 时间尺度与晶片数量(“N”)是多少。用扩大的 O_2 等离子体清洗腔体以达到基准条件。接着进行测试, 其中在进行每次 WAC 之间变化晶片的数量同时在 WAC 步骤中监测 703 纳米发射以确定需要清洗腔体的时间。图 1 表示这种测试的终点轨迹。当 RF 开始时终点信号快速增加。随着“N”增加, 终点信号降低至基准所消耗的时间长度增加, 表示清洗时间是“N”的函数。

表 6 表示 WAC 的终点时间对“N”的关系以及每个晶片的清洗时间。终点信号表示的时间降低到基准也就是降低到基准上 100 个计数点。对于这些加工调理,

在“N”从1-5的增加时，单位清洗时间减少，然而在“N”=10时，单位清洗时间增加。这说明最佳的清洗频率应该是在5-20个晶片之间。

表 6					
WAC 终点和单位清洗时间(秒)对 WAC 频率的关系					
WAC 时间	10 个晶片	5 个晶片	3 个晶片	1 个晶片	1 个晶片
完整 WAC	265	71	56	37	38
发射 l=100	143	45	40	23	24
单位清洗时间					
完整 WAC	26.5	14.2	18.66667	37	38
发射 l=100	14.3	11.4	13.33333	23	24

WRS 蚀刻速率恢复

使用表 7 所示铝蚀刻，WAC 和 WRS 等步骤的加工调理在 9600PTX™上测试 $\text{BCl}_3/\text{CHF}_3$ 。通过用铝蚀刻加工调理循环 57 个覆盖抗蚀剂晶片初始调理系统。测量调理过腔体的铝蚀刻速率。在这之后，用 7 分钟的清洗时间使用 WAC 加工调理完全清洗腔体。使用 703 纳米终点信号来验证清洗时间是充足的。其次，使用铝蚀刻过程将另外 29 个覆盖抗蚀剂晶片循环通过系统，但是在每一个晶片之间使用 WAC 和 WRS 步骤。接着在 WAC 和 WRS 步骤后再检查铝蚀刻速率。蚀刻深度结果在表 8 中表示。在 WAC 和 WRS 后的蚀刻速率与干燥腔体的蚀刻速率没有明显的差异(1.6%或更低)。

表 7								
铝蚀刻，WAC，和 WRS 工艺条件								
过程	压力	TCP™(W)	偏压(W)	流速 (sccm)			氮气冷却	时间(秒)
循环	12mt	350	78	74Cl ₂	30BCl ₃	5CHF ₃	10T	65
铝蚀刻深度	12mt	350	78	74Cl ₂	30BCl ₃	5CHF ₃	10T	35
WAC	32mt	700	0	500 O ₂				12
WRS	50mt	700	0		15BCl ₃	37CHF ₃		20

表 8		
调理的腔体和 在 WAC+WRS 过程后的铝蚀刻深度		
测试条件	铝蚀刻深度	差值
调理的腔体	3835	
后 WAC+WRS	3773	-1.6%

图案蚀刻测试

进行蚀刻测试以确定 WAC 和 WRS 对蚀刻图案的影响。图 2 描述了在蚀刻前图案测试晶片的结构。

排列小矩阵评估恢复步骤中步骤时间和 $\text{BCl}_3:\text{Cl}_2$ 比率对蚀刻图案的重要性。表 9 表示在 1/2 阶乘的矩阵中进行的 4 个加工。图 3 表示在两步的恢复加工后蚀刻的晶片的终点轨迹。该终点轨迹与抗蚀刻调理腔体中蚀刻的晶片的终点轨迹非常相匹配。另外，通过 BARC、Ti 和 TiN 层的蚀刻速率与抗蚀刻调理腔体中的这些层的蚀刻速率相匹配。在两步恢复后蚀刻的所有晶片具有相近的轨迹。

表 9				
基准加工：				
步骤 1：50mt/700W TCP™/37sccm CHF_3 /15sccm BCl_3 /“X” 秒				
步骤 2：15mt/450W TCP™/“Y” sccm BCl_3 /(60-“Y”)sccm Cl_2 /“Z” 秒				
矩阵	晶片 16	晶片 17	晶片 18	晶片 19
步骤 1 时间(“X”)	30 秒	20 秒	20 秒	30 秒
步骤 2 时间(“Z”)	15 秒	7 秒	15 秒	7 秒
BCl_3/Cl_2 流动	15sccm BCl_3	15sccm BCl_3	30sccm BCl_3	20sccm BCl_3
(“Y”)/(60-“Y”)	45sccm Cl_2	45sccm Cl_2	30sccm Cl_2	30sccm Cl_2

图 4a-e 和 5a-e 表示由作为 WAC 和 WRS 矩阵的一部分蚀刻的晶片的蚀刻图案与抗蚀刻调理腔体中蚀刻的结果的对比。图 4a,4b,4c 和 4d 分别是取自晶片 16, 18, 17 和 19 中心位置的显微照片，其中步骤 1 分别进行 30, 20, 20 和 30 秒，步骤 2 分别进行 15, 15, 7 和 7 秒， BCl_3 流速分别为 15, 30, 15 和 30sccm， Cl_2 流速分别为 45, 30, 45 和 30sccm 以及 RO_x 分别为 7154, 7227, 7576 和 7593

埃。图 4e 是取自在调理腔室中蚀刻的晶片 13 中心位置的显微照片，其中 RO_x 为 7506 埃。图 5a,5b,5c 和 5d 分别是取自晶片 16, 18, 17 和 19 边缘位置的显微照片，其中步骤 1 分别进行 30, 20, 20 和 30 秒，步骤 2 分别进行 15, 15, 7 和 7 秒， BCl_3 流速分别为 15, 30, 15 和 30sccm， Cl_2 流速分别为 45, 30, 45 和 30sccm 以及 RO_x 分别为 7154, 7227, 7576 和 7593 埃。图 5e 是取自在调理腔室中蚀刻的晶片 13 的边缘位置的显微照片，其中 RO_x 是 7506 埃。晶片之间在蚀刻图案中的差异在许多方面是微妙的，表现出两步恢复加工具有合理的加工窗。由矩阵得到的显著的趋势包括：

——氯基第二恢复步骤改善了蚀刻图案恢复。

——与对照晶片相比，在第二恢复步骤中较高百分比 Cl_2 的使用表现出导致特征性顶部内降低的 CD(临界尺寸)生长。对于短的第一恢复步骤时间(见晶片 17)这一影响更强烈。

——较长的第一恢复步骤的使用改善了侧壁粗糙度的加工范围。

——用更短第二步时间蚀刻的晶片与在参考晶片上残留的氧化物更加相似。

图 6a-f 表示另外进行 SEMs 时晶片 19 与调理腔体的结果对比。图 6a 显示中心位置，图 6b 显示边缘位置，图 6c 显示边缘位置，图 6d 显示中心位置，图 6e 显示边缘位置，以及图 6f 显示边缘位置。注意到在这些 SEMs 中也重现了孤立性特征图案，而且抗蚀刻图案和侧壁沉积通过两步恢复加工也相匹配。

很明显进行足够长时间的第一恢复步骤在腔体中产生了一些有机膜，随后通过进行简短的氯化化学反应足以使得在 WAC 后能够恢复加工。对加工来说氯化化学反应不是必须的，保护蚀刻侧壁有赖于厚的有机沉积物和高轰击能量。

在 WAC 后蚀刻铝的恢复加工需要在腔体中的有机沉积物和腔体壁的氯化作用达到适当的平衡。已经示范了 CHF_3 加入蚀刻加工的加工恢复，其中蚀刻图案对化学平衡更敏感。WRS 矩阵表明两步恢复加工能够将腔体有机物氯化的组分的平衡转移 WAC 后的调理状态。

引用具体实施方案详述本发明的同时，显而易见，本领域技术人员可进行各种修改和变化，以及采用等效物而并不超出所附权利要求的范围。

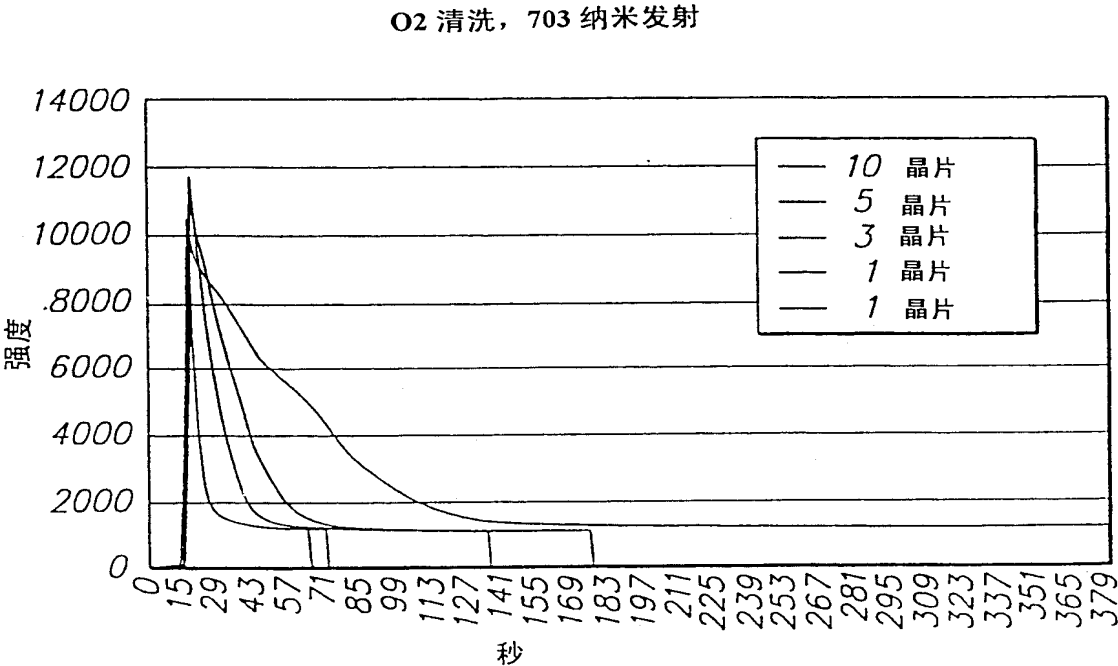


图 1

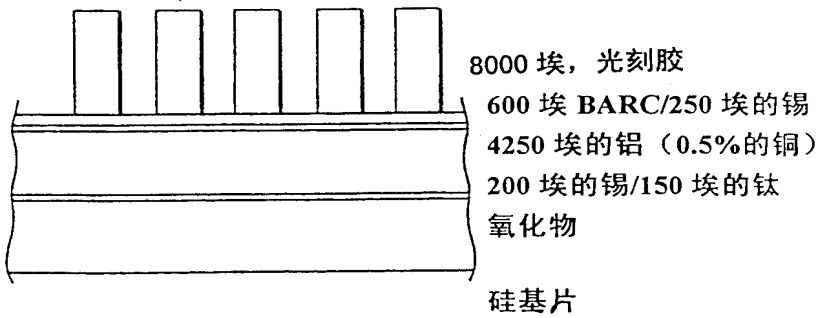


图 2

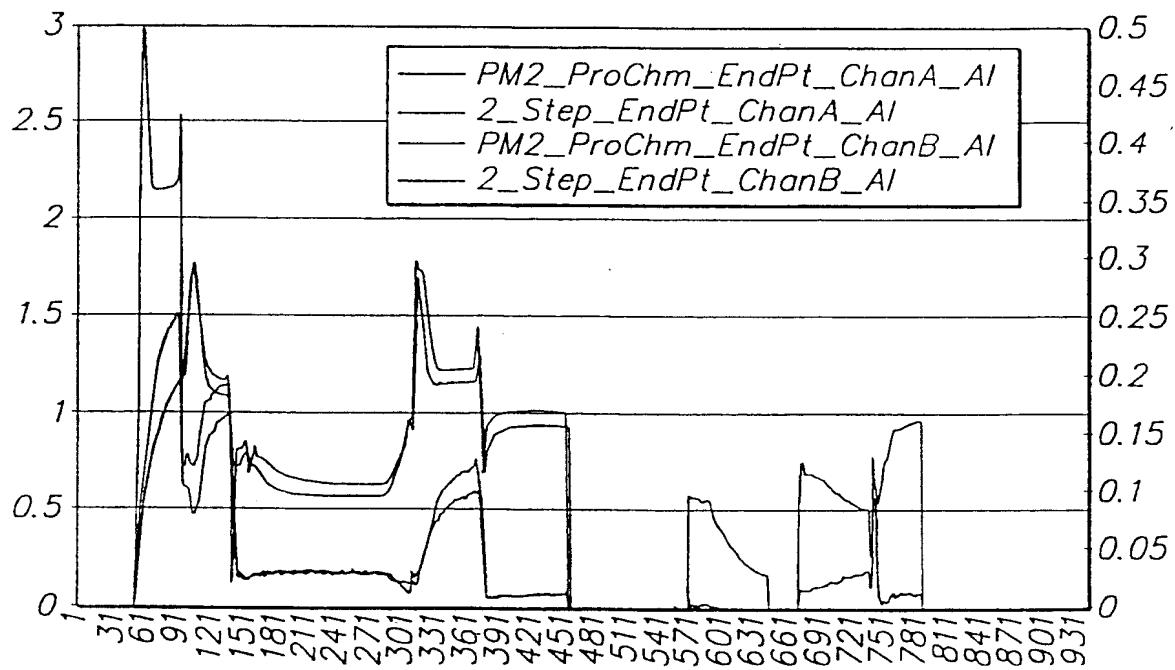
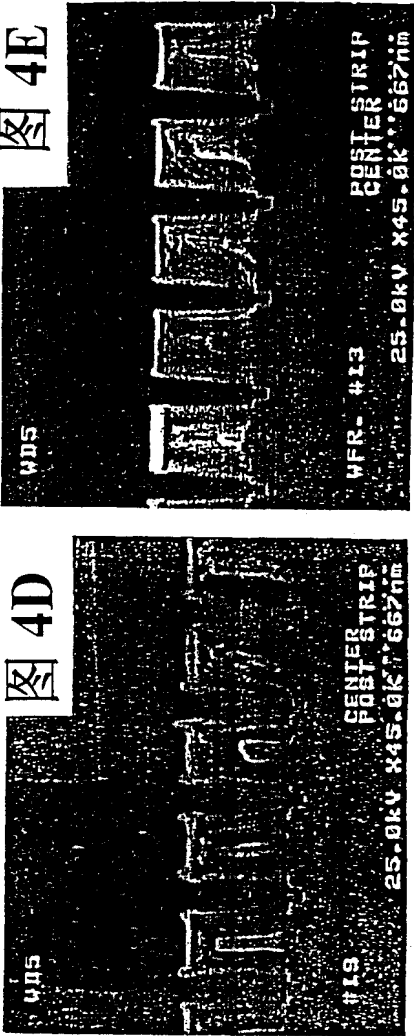
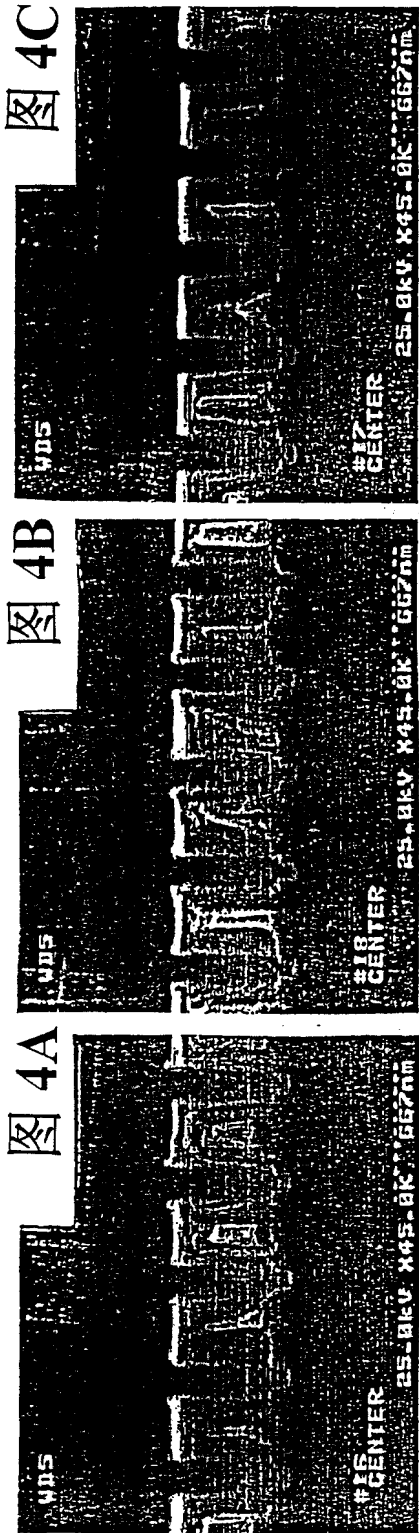
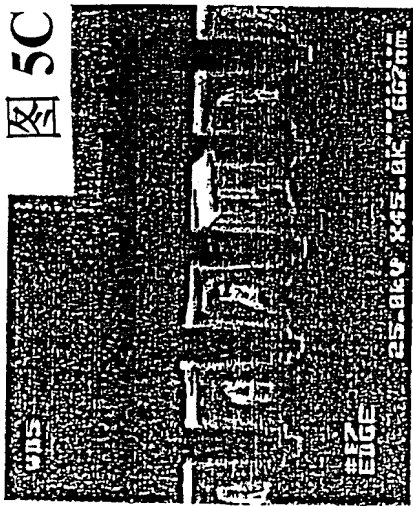
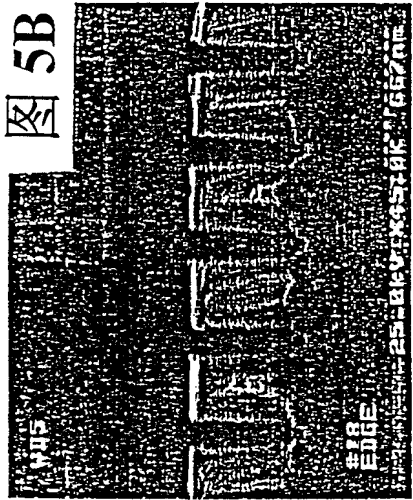
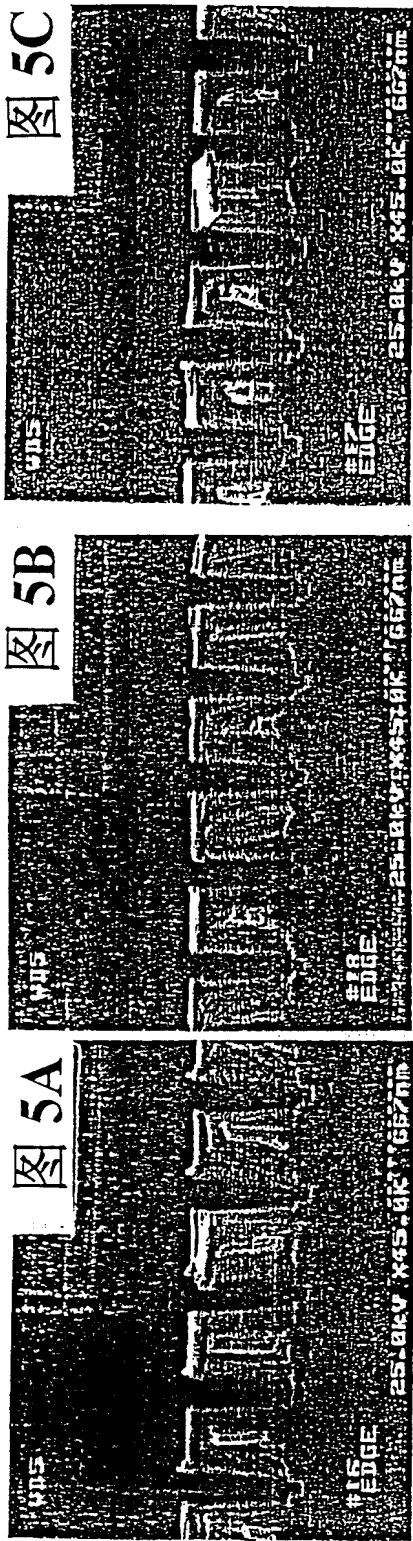


图 3



调整的腔室参照
(RO_x=7506 埃)



步骤 1=30 秒, 步骤 2=15 秒
15 BCl₃/45Cl₂ (RO_x=7154 埃)

步骤 1=20 秒, 步骤 2=15 秒
30 BCl₃/30Cl₂ (RO_x=7227 埃)

步骤 1=20 秒, 步骤 2=7 秒
15 BCl₃/45Cl₂ (RO_x=7576 埃)

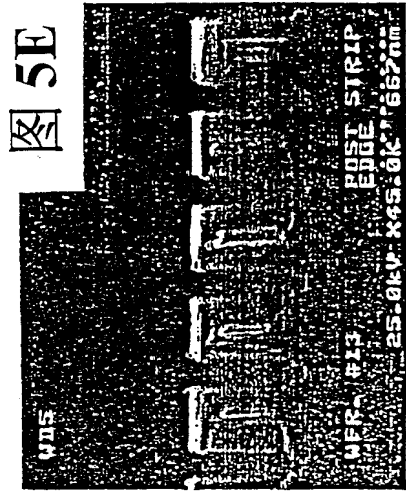
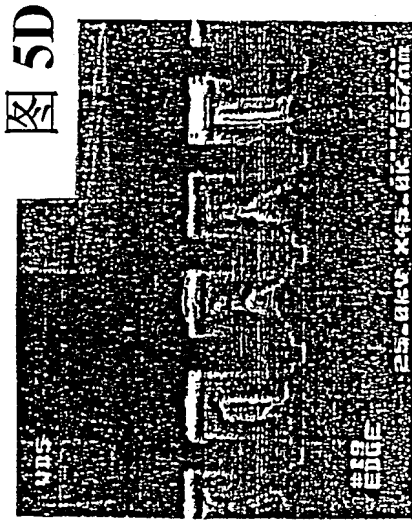


图 5D

图 5E

步骤 1=30 秒, 步骤 2=7 秒
30 BCl₃/30Cl₂ (RO_x=7593 埃)

调整的腔室参照
(RO_x=7506 埃)

