



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580046337.5

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100576475C

[22] 申请日 2005. 12. 2

[21] 申请号 200580046337.5

[30] 优先权

[32] 2005. 1. 11 [33] US [31] 11/032,021

[86] 国际申请 PCT/US2005/043468 2005. 12. 2

[87] 国际公布 WO2006/076085 英 2006. 7. 20

[85] 进入国家阶段日期 2007. 7. 10

[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 稻沢刚一郎

瓦迪亚纳森·巴拉苏布拉马尼恩

畑村安则 萩原正明 西村荣一

[56] 参考文献

US2003/0194876A1 2003. 10. 16

CN1164122A 1997. 11. 5

US6680516B1 2004. 1. 20

审查员 杨 非

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有
限责任公司

代理人 李 剑

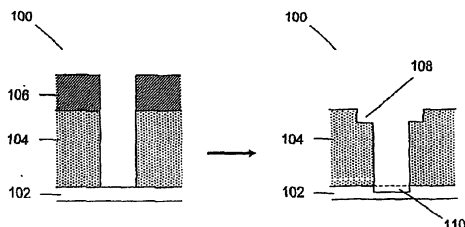
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 6 页

[54] 发明名称

光刻胶和刻蚀残留物的低压去除

[57] 摘要

提供了一种用于等离子体灰化以去除在先前的介电层的等离子体刻蚀期间形成的光刻胶残余和刻蚀残留物的方法。该灰化方法使用涉及含氢气体的两步等离子体工艺，其中在第一清洁步骤中向衬底施加低偏置或零偏置以从衬底上去除显著量的光刻胶残余和刻蚀残留物，并且从室表面上刻蚀并去除有害的氟碳残留物。在第二清洁步骤中向衬底施加增大的偏置以从衬底上去除剩余的光刻胶和刻蚀残留物。在第二清洁步骤中采用了小于 20mTorr 的室压强。两步工艺减少了常在传统的一步灰化工艺中观察到的记忆效应。一种结束点检测方法可以用于监视灰化工艺。



1. 一种现场灰化方法，包括：
将包含含氢气体的处理气体引入到等离子体处理室中；
在所述等离子体处理室中生成等离子体；
将衬底暴露于所述等离子体，所述衬底位于衬底夹持器的顶部；
通过向所述衬底夹持器施加第一偏置来执行第一灰化步骤；以及
通过向所述衬底夹持器施加第二偏置来执行第二灰化步骤，所述第二偏置大于所述第一偏置，其中所述第二灰化步骤期间所述处理室中的室压强小于 20mTorr。
2. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述含氢气体包括 H_2 、 NH_3 或其组合。
3. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述处理气体还包括惰性气体。
4. 如权利要求 3 所述的方法，其中所述惰性气体包括稀有气体、 N_2 或其组合。
5. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第一偏置在 0W 和 100W 之间。
6. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第一偏置基本零。
7. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第二偏置在 50W 和 1000W 之间。
8. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第二灰化步骤还包括采用与所述第一灰化步骤不同的室压强、处理气体流率或所述压强和处理气体流率的组合中的至少一个。
9. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第一灰化步骤还包括：
检测从所述等离子体发射的光；以及
根据所述发射的光确定所述第一灰化步骤的状态。
10. 如权利要求 9 所述的方法，其中所述发射的光的检测提供了用于建立结束点的手段。
11. 如权利要求 9 所述的方法，其中所述发射的光来源于激发物质，

并且代表关于所述第一灰化步骤的状态的信息。

12. 如权利要求 9 所述的方法，其中所述发射的光来源于 CO、含氟物质或其组合中的至少一种。

13. 如权利要求 12 所述的方法，其中所述含氟物质是氟。

14. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第二灰化步骤还包括：

检测从所述等离子体发射的光；以及

根据所述发射的光确定所述第二灰化步骤的状态。

15. 如权利要求 14 所述的方法，其中所述发射的光来源于激发物质，并且代表关于所述第二灰化步骤的状态的信息。

16. 如权利要求 15 所述的方法，其中所述发射的光来源于 CO、含氟物质或其组合中的至少一种。

17. 如权利要求 16 所述的方法，其中所述含氟物质是氟。

18. 如权利要求 1 所述的方法，还包括：

检测从所述等离子体发射的光；以及

根据所述发射的光确定所述第一和第二灰化步骤的状态。

19. 如权利要求 18 所述的方法，其中所述发射的光来源于激发物质，并且代表关于所述第一和第二灰化步骤的状态的信息。

20. 如权利要求 18 所述的方法，其中所述发射的光来源于 CO、含氟物质或其组合中的至少一种。

21. 如权利要求 20 所述的方法，其中所述含氟物质是氟。

22. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第二灰化步骤的长度在所述第一灰化步骤长度的 50% 和 300% 之间。

23. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述处理气体的流率在 5sccm 和 1500sccm 之间。

24. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述含氢气体的流率在 5sccm 和 500sccm 之间。

25. 如权利要求 2 所述的方法，其中所述含氢气体的流率在 5sccm 和 500sccm 之间。

26. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第一灰化步骤中处理气体的

流率在 5sccm 和 1500sccm 之间。

27. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述第二灰化步骤中处理气体的流率在 5sccm 和 1500sccm 之间。

28. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述处理气体的流率在所述第一和第二灰化步骤之间是不同的。

29. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述第一灰化步骤期间所述处理室中的压强在 1mTorr 和 1000mTorr 之间。

30. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述第一灰化步骤期间所述处理室中的压强在 5mTorr 和 50mTorr 之间。

31. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述第二灰化步骤期间所述处理室中的压强小于 10mTorr。

32. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述第二灰化步骤期间所述处理室中的压强小于 5mTorr。

33. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述处理室中的压强在所述第一和第二灰化步骤之间是不同的。

34. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述衬底包括低 k 材料、光刻胶、或刻蚀残留物或其组合。

35. 如权利要求 34 所述的方法, 其中所述低 k 材料包括 SiOC 材料。

36. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述生成步骤包括通过阻抗匹配网络向等离子体源的上板电极施加 RF 功率。

37. 如权利要求 36 所述的方法, 其中施加到所述上板电极的 RF 功率在 500W 和 2200W 之间。

38. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述生成步骤包括通过阻抗匹配网络向等离子体源的电感线圈施加 RF 功率。

39. 如权利要求 38 所述的方法, 其中施加到所述电感线圈的 RF 功率在 50W 和 10000W 之间。

40. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述生成步骤包括向旋转 DC 磁场功率源施加 RF 功率。

41. 一种现场灰化方法, 包括:

引入包含 H₂ 气体的处理气体；

通过经过阻抗匹配网络向等离子体源的上板施加 RF 功率在等离子体处理室中生成等离子体；

将衬底暴露于所述等离子体，所述衬底包含低 k 材料、光刻胶、或刻蚀残留物或其组合，并将所述衬底布置在衬底夹持器的顶部；

通过向所述衬底夹持器施加在 0W 和 100W 之间的第一偏置来执行第一灰化步骤；以及

通过向所述衬底夹持器施加在 50W 和 1000W 之间的第二偏置来执行第二灰化步骤，其中所述第二偏置大于所述第一偏置，并且所述第二灰化步骤中的室压强小于 20mTorr。

42. 如权利要求 41 所述的方法，其中所述处理气体还包括稀有气体。

43. 如权利要求 41 所述的方法，其中施加到所述上板电极的 RF 功率在 500W 和 2200W 之间。

光刻胶和刻蚀残留物的低压去除

相关申请的交叉引用

本申请与 2002 年 9 月 30 日提交的未决美国专利申请 no. 10/259,381 有关，该申请的全部内容通过引用结合于此。本申请与 2004 年 12 月 30 日提交的题为“LOW-PRESSURE REMOVAL OF PHOTORESIST AND ETCH RESIDUE”的未决美国专利申请（律师案卷号 no. 262408US6 YA）有关，该申请的全部内容通过引用结合于此。

技术领域

本发明涉及等离子体处理，具体而言涉及在半导体微制作中的刻蚀工艺之后的光刻胶和刻蚀残留物（etch residue）的清洁和去除。

背景技术

等离子体处理系统被用在半导体、集成电路、显示器和其他器件或材料的制造和处理中，以从诸如半导体衬底之类的衬底上去除材料或在其上沉积材料。半导体衬底的等离子体处理（用于将集成电路的图案从光刻掩模转移到衬底上，或在衬底上沉积介电或导电膜）已变为工业中的标准方法。

在半导体处理中，在刻蚀各种类型的膜时，集成挑战和折衷仍然存在。传统上，介电层图案化有用于沉积导电材料以形成垂直接触的开口。在图案化工艺期间，抗蚀光刻胶层和/或硬掩模层被沉积在介电层上，暴露于选定图案并被显影。然后在等离子体环境中刻蚀分层结构，其中图案化的光刻胶层限定了介电层中的开口。

在刻蚀步骤之后，在经刻蚀的特征和室壁上常常观察到光刻胶残余和刻蚀残留物（例如，聚合物碎片）。等离子体清洁（也称为现场灰化）中的一个集成挑战是成功地去掉光刻胶残余和刻蚀残留物，同时避免侵蚀周

围的层。已知系统已经使用一步灰化工艺，其中施加的衬底的偏置在整个灰化工艺期间维持恒定。

卤代烃气体常用在介电层的刻蚀中，介电层例如是氧化物和较新的含SiOC的低k介电材料。这些气体已知生成氟碳聚合物刻蚀产物，其可以在介电刻蚀工艺期间沉积在处理室的内表面以及衬底表面上。

图1示出了一步灰化工艺的示例性剖视图。在用于从结构100去除光刻胶106的传统一步灰化工艺期间，氟碳聚合物被从室壁释放/刻蚀（常常称为记忆效应，memory effect），并且可能攻击下层的介电层104和覆盖层102（例如SiN、SiC），导致介电层的磨损108和覆盖层损耗110，有时甚至穿过覆盖层102并攻击下层的导电层（例如铜，未示出）。该效应在晶片边缘处由于接近室壁的高氟碳聚合物浓度而可能非常明显。或者，结构100还可以包含氟碳聚合物沉积。

在传统的一步灰化工艺期间，可用含氢等离子体去除光刻胶。为了避免灰化后残留物的形成，某一偏置功率被施加到衬底夹持器。在该工艺期间，来自于先前的电介质刻蚀的室壁上的氟碳沉积也被刻蚀，从而在等离子体中释放氟游离基。随着偏置被施加到衬底夹持器，这些氟游离基可能侵蚀下层的介电膜并消耗覆盖层。通过减小偏置或施加零偏置，可以减少介电膜侵蚀和覆盖层消耗，但是仍然可以观察到灰化后残留物。

可能导致以上的室问题的传统一步灰化工艺可以包括下面的等离子体工艺条件：室压强=50mTorr, RF偏置=150W, O₂流率=200sccm。

在半导体制造中，传统一步灰化工艺常常在处理室中执行，其中内部室表面（和要灰化的衬底）可能包含来自于先前的电介质刻蚀工艺的基于氟碳聚合物的沉积。或者，一步灰化工艺可以在已经清洁掉来自在先刻蚀工艺的聚合物沉积的处理室中执行。

发明内容

本发明的目的是提供一种等离子体处理方法，该方法用于从衬底上去除光刻胶残余和刻蚀残留物，同时相比于一步灰化减少对周围的衬底层的侵蚀。

以上和其他的目的是利用两步现场等离子体灰化工艺实现的，该工艺采用了包括含氢气体的处理气体。在第一灰化步骤期间，向衬底位于其上的衬底夹持器施加第一低偏置水平或零偏置水平，而在第二灰化步骤期间施加第二偏置水平。在第二灰化步骤中等离子体处理室中的压强小于20mTorr。

在第一灰化步骤期间，在向衬底施加低或零偏置时，衬底和处理室的内表面/壁上的显著量的光刻胶残余和刻蚀残留物被刻蚀并从室中去除，同时对剩余衬底层的侵蚀得以最小化。在第二灰化步骤期间，施加增大的偏置，并继续灰化工艺，直到光刻胶残余和刻蚀残留物被去除为止。

附图说明

对本发明和其许多附带优点的更完全理解将从下面的具体实施方式中变清楚，尤其当结合附图考虑时，在附图中：

图 1 示出了一步灰化工艺的示例性剖视图；

图 2 示出了两步灰化工艺的示例性剖视图；

图 3 示意性地示出了灰化工艺期间覆盖层的损耗；

图 4 示意性地示出了电介质侧壁损耗；

图 5 示出了根据本发明实施例的等离子体处理系统；

图 6 示出了根据本发明另一个实施例的等离子体处理系统；以及

图 7 示出了根据本发明又一个实施例的等离子体处理系统。

具体实施方式

题为“METHOD FOR REMOVING PHOTORESIST AND ETCH RESIDUE”的相关美国专利申请 no. 10/259,381 的发明人（也是本申请的发明人）认识到，两步等离子体灰化工艺可以用于从衬底上去除光刻胶残余和刻蚀残留物。在第一灰化步骤期间，在向衬底位于其上的衬底夹持器施加零偏置或低偏置时，来自于先前的刻蚀工艺（该工艺例如可以采用 C_xF_y 刻蚀气体）的显著量的光刻胶残余和刻蚀残留物被刻蚀并从处理室中去除，同时对剩余的衬底层的侵蚀最小。在第二灰化步骤期间，向衬底夹

持器施加增大的偏置，并继续灰化工艺，直到光刻胶和/或硬掩模残余以及灰化后残留物被去除为止。

本发明人已经认识到，上述两步等离子体灰化工艺可以通过在低压下在等离子体处理室中执行第二灰化步骤来加以改善。低压可以减少对下层的介电衬底层，例如诸如 SiOC 材料 ($k \sim 2.7$) 之类的低介电常数 (低 k) 材料的损伤。对低 k 材料的损伤可以包括材料的介电常数的增大，从而削弱了使用这些材料相比于传统的较高介电常数材料的优点。根据本发明的实施例，在低处理室压强下等离子体环境中氢游离基的低浓度可以减少或消除在灰化工艺期间对介电材料的损伤。另外，与氢游离基的浓度不同，从等离子体到衬底的离子通量在本发明的整个压强范围内相对恒定。高离子通量能够导致高灰化速率和短灰化时间，从而增大了衬底产量。另外，降低室压强导致对衬底层的更具方向性 (各向异性) 的离子轰击，从而减少了灰化工艺期间对图案化的介电层侧壁的损伤。

从而，根据本发明的实施例，在两步灰化工艺的第二灰化步骤期间在处理室中采用小于 20mTorr 的处理压强。根据本发明的另一个实施例，在第二灰化步骤期间在处理室中可以采用小于约 10mTorr 的处理压强。

本发明中的两步现场灰化工艺可以减轻许多的上述缺点，这是通过满足以下各项中的至少一个来实现的：1) 最小化覆盖层消耗；2) 最小化特征顶部的电介质磨损/侵蚀，并减小刻蚀后/临界尺寸 (CD) 偏置；3) 最小化灰化后残留物；4) 最小化现场灰化期间对低 k 介电膜的损伤 (减小“ k ”值)；以及 5) 提供自动室干法清洁，从而增大室清洁之间的平均时间。

图 2 示出了两步灰化工艺的示例性剖视图。在两步含氢灰化工艺的第一灰化步骤 120 期间，刻蚀晶片上的光刻胶 106 和沉积在室壁和晶片上的氟碳聚合物 112。由于施加了零或低偏置，因此介电层 104 的侵蚀和覆盖层 102 的消耗得以最小化。在第一灰化步骤 120 期间，室被干法清洁，清洁掉任何的聚合物残留物。第一灰化步骤 120 的长度可以是基于时间的，这可能在衬底上留下很小量的灰化后残留物 110 或 PAR 和可能很小量的光刻胶 106。

在第二灰化步骤 130 期间，施加偏置，并且执行灰化一段时间，该段时间足以去除掉任何灰化后残留物 110 和任何剩余的光刻胶 106。

本发明可以例如利用包含具有上电极和下电极的电容耦合等离子体源的等离子体处理系统来执行。上电极例如还可以充当用于将处理气体引入处理室中的喷淋头，下电极可以是配置用于支撑要处理的衬底并向衬底施加偏置的衬底夹持器。电容耦合等离子体源是本领域技术人员公知的。本发明还可以利用其他类型的等离子体源执行，包括但不限于电感耦合等离子体源（ICP）。

现在将描述根据本发明实施例的两步灰化工艺的第一灰化步骤的示例性工艺参数。在本发明的一个实施例中，室压强可以在约 1mTorr 和约 1000mTorr 之间。根据本发明的另一个实施例，室压强可以在约 5mTorr 和约 50mTorr 之间。在处理室中可以使用约 5sccm 到约 1500sccm 的处理气体流率。包含含氢气体（例如 H_2 、 NH_3 或其组合）的处理气体可以被单独使用，但是也可以与惰性气体（例如，稀有气体（He、Ar 等）或 N_2 ）结合使用。含氢气体的流率可以例如在约 5sccm 和约 500sccm 之间，并且惰性气体的流率可以例如在约 0sccm 和约 1000sccm 之间。偏置功率（下电极功率）可以例如在约 0W 和约 100W 之间，上电极功率可以例如在约 500W 和约 2200W 之间，并且衬底温度可以在约 $-10^{\circ}C$ 和约 $250^{\circ}C$ 之间。

在一个示例中，第一灰化步骤的工艺参数包括 20mTorr 的室压强、550sccm 的 Ar 流率、200sccm 的 H_2 气体流率、300W 的上电极功率和 0W 的下电极功率。第一灰化步骤的持续时间可以例如约为 35 秒。

在两步灰化工艺的第二灰化步骤中，工艺参数可以包括与以上针对第一灰化步骤所述相同的条件，不同之处在于第二灰化步骤中的室压强小于 20mTorr。在本发明的实施例中，第二灰化步骤中的室压强可以小于约 10mTorr。在本发明的另一个实施例中，第二灰化步骤中的室压强可以小于约 5mTorr。可以使用约 50W 和约 1000W 之间的偏置，此时第二灰化步骤中施加到衬底夹持器的偏置（第二偏置）大于第一灰化步骤中施加到衬底夹持器的偏置（第一偏置）。

尽管公开了使用射频或 RF 偏置，但是还可以使用 DC 偏置或使用 DC

偏置来替代 RF 偏置。另外，室压强可以在灰化工艺期间变化。例如，室压强可以在第一步骤和第二步骤之间不同。此外，处理气体的组分可以在灰化工艺期间变化。例如，处理气体（以及处理气体中不同气体的流率）可以在第一步骤和第二步骤之间不同。

或者，在两步工艺期间，偏置可以在基本上所有（但不是所有）的聚合物都已从室中去除时施加，以增大产量，但是其代价是重新引入了传统的一步工艺的某些效应。

此外，尽管上述只使用了单一偏置，但是也可以使用变化的偏置。例如，偏置可以在第二步骤之前、期间或之后从 0W 增大（或者连续增大，或者逐步增大（例如，以 10W 的增量））到约 100W。

如上所述，第一步骤的持续时间应当足够长以完成从室壁和晶片表面去除氟碳材料的操作。例如，第一步骤的持续时间可以从 20 秒到 50 秒。类似地，第二步骤的持续时间应当足够长以去除任何灰化后残留物 and 任何剩余的光刻胶。例如，第二步骤的持续时间可以从 20 秒到 50 秒。

或者，在图 2 的两步灰化工艺中，第一步骤 120 和第二步骤 130 的结束可以利用结束点检测确定。结束点检测的一种可能方法是监视从等离子体区域发射的光谱的一部分。例如，指示这种去除的光谱的部分具有 482.5nm (CO)、775.5nm (F) 和 440nm (SiF₄) 的波长，并且可以利用光学发射谱 (OES) 测量。在与这些频率相对应的发射水平跨过了指定阈值（例如，降低到基本为零或增大到超过某一具体水平）后，第一步骤被认为已完成。也可以使用提供结束点信息的其他波长。

在第一步骤结束后，第二步骤优选地采用 50-200%过灰化来去除任何剩余的灰化后残留物 (PAR)。即，如果第一步骤在 50 秒内完成，则第二步骤用 25 秒进行 50%过灰化，用 50 秒进行 100%过灰化。过灰化的实际量可以通过检查被过灰化到不同程度的一系列衬底来经验地确定。

衬底可以在灰化工艺后进行评估，例如通过测量覆盖层损耗、电介质侧壁损耗和特征顶部的电介质磨损/侵蚀。使得能够进行期望灰化同时最小化以上损耗和侵蚀的工艺条件可以通过直接实验和/或实验设计加以确定。

在第一示例中，图 3 示意性地示出了灰化工艺期间的覆盖层损耗。覆

盖层损耗 120 是作为在介电层 104 的灰化工艺后的覆盖层 102 的减薄在扫描电子显微镜 (SEM) 图像中测量的。使得能够进行期望灰化同时最小化覆盖层损耗 120 的工艺条件可以通过直接实验和/或实验设计 (DOE) 加以确定。

在第二示例中, 图 4 示意性地示出了电介质侧壁损耗。例如, 图 4 中的电介质侧壁损耗可以作为在暴露于 HF 溶液之后介电层 104 的顶部 132 和中部 150 处的电介质去除加以测量。图 3 和 4 中的结构还可以包括 SiN 层 106 和 SiC 102 层。为了测量侧壁损耗, 经等离子体灰化的衬底可以被暴露于 0.5% 的 HF 溶液约 5 秒到约 30 秒的一段时间。随后的衬底的 SEM 分析可以用于评估侧壁损耗。

使用结束点检测来确定何时所有的 (或几乎所有的) 聚合物 (以及可能的光刻胶) 都已从室中去除的示例, 以及用于通过测量覆盖层损耗和侧壁损耗来评估经灰化衬底的示例, 在未决美国专利申请 No. 10/259,381 中有完整描述。

图 5 示出了根据本发明实施例的等离子体处理系统。等离子体处理系统 1 被配置为适用于在处理室 10 的处理区域 45 中生成等离子体。等离子体处理系统 1 还包括衬底夹持器 20、气体注入系统 40 和真空泵系统 50, 其中要处理的衬底 25 附着到衬底夹持器 20 上并与衬底夹持器 20 形成电接触, 气体注入系统 40 用于将处理气体 42 引入到等离子体处理室 10。气体注入系统 40 允许独立控制从场外气体源到处理室 10 的处理气体 42 的传输。

经由气体注入系统 40 引入可离子化处理气体 42, 并调节处理压强。处理气体的流率可以在约 10sccm 和约 5000sccm 之间, 或者在约 20sccm 和约 1000sccm 之间, 又或者在约 50sccm 和约 500sccm 之间。室压强可以例如在约 1mTorr 和约 200mTorr 之间, 或者在约 5mTorr 和约 100mTorr 之间, 又或者在约 10mTorr 和约 50mTorr 之间。控制器 55 可以用于控制真空泵系统 50 和气体注入系统 40。衬底 25 经由 (机械) 衬底转移系统经过缝隙阀 (未示出) 和室馈通通道 (未示出) 被移入处理室 10 中, 在此衬底被位于衬底夹持器 20 内的衬底抬升钉 (未示出) 接收并被位于其中的

设备机械平移。一旦从衬底转移系统接收到衬底 25，就将其降低到衬底夹持器 20 的上表面。

在替换实施例中，衬底 25 经由静电夹紧装置（未示出）附着到衬底夹持器 20。此外，衬底夹持器 20 还包括包含再循环冷却剂流的冷却系统，再循环冷却剂流接收来自衬底夹持器 20 的热量并将热量传递到热交换器系统（未示出），或者在加热时传递来自热交换器系统的热量。而且，气体可以被传输到衬底背面以提高衬底 25 和衬底夹持器 20 之间的气体间隙热导率。该系统被用在当需要对衬底进行温度控制以升高或降低温度时。例如，衬底的温度控制可以用在温度超过稳定状态温度时，其中稳定状态温度是由于从等离子体传输到衬底 25 的热通量和通过传导到衬底夹持器 20 而从衬底 25 去除的热通量之间的平衡而实现的。在其他实施例中，诸如电阻性加热元件或热电加热器/冷却器之类的加热元件可以被包括在衬底夹持器 20 中。

图 5 的等离子体处理系统 1 包括包含上板电极 70 的 RF 等离子体源，RF 功率从 RF 发生器 72 经过阻抗匹配网络 74 耦合到上板电极 70。用于向上板电极 70 施加 RF 功率的典型频率可以从 10MHz 到 200MHz，并且可以是 60MHz。施加到上板电极 70 的 RF 功率可以在约 500W 和约 2200W 之间。如上所述，图 5 的等离子体处理系统 1 还包括用于向衬底夹持器 20 施加 RF 功率以偏置衬底 25 的 RF 源。RF 源包含 RF 发生器 30 和阻抗匹配网络 32，阻抗匹配网络 32 通过最小化反射功率来使到处理区域 45 中的等离子体的 RF 功率的传送最大化。匹配网络拓扑（例如，L 型、 π 型、T 型）和自动控制方法是本领域中已知的。用于向衬底夹持器 20 施加功率的典型频率从 0.1MHz 到 30MHz，并且可以是 2MHz。施加到衬底夹持器 20 的 RF 功率可以在约 0W 和约 1000W 之间。而且，控制器 55 耦合到 RF 发生器 72 和阻抗匹配网络 74 以控制向上板电极 70 施加 RF 功率的操作。在替换实施例中，RF 功率可以以多个频率被施加到衬底夹持器 20。

继续参考图 5，处理气体 42 通过气体注入系统 40 被引入到处理区域 45。气体注入系统 40 可以包括喷淋头，其中处理气体 42 通过气体注入空间（未示出）、一系列隔板（未示出）和多孔喷淋头气体注入板被从气体

传输系统（未示出）提供到处理区域 45。在一个实施例中，多孔喷淋头气体注入板可以是上板电极 70。

真空泵系统 50 可以包括泵速能高达 5000 公升每秒（以及更大）的涡轮分子真空泵（TMP）和用于节流室压强的门阀。在用于干法等离子体刻蚀的传统等离子体处理设备中，采用 1000 到 3000 公升每秒的 TMP。TMP 可用于低压处理，一般小于 50mTorr。对于高压处理（即，大于 100mTorr），使用机械增压泵和干法粗抽泵。

控制器 55 包括微处理器、存储器和能够生成控制电压的数字 I/O 端口，该控制电压足以传输并激活到等离子体处理系统 1 的输入以及监视来自等离子体处理系统 1 的输出。而且，控制器 55 耦合到 RF 发生器 30、阻抗匹配网络 32、RF 发生器 72、阻抗匹配网络 74、气体注入系统 40、等离子体监视系统 57 和真空泵系统 50，并与之交换信息。存储在存储器中的程序被用于根据存储的工艺流程控制等离子体处理系统 1 的前述部件。控制器 55 的一个示例是可以从 Texas, Dallas 的 Texas Instruments 得到的 TMS320 型数字信号处理器（DSP）。

等离子体监视系统 57 可以包括例如光学发射谱（OES）系统以测量等离子体环境中的激发粒子，和/或包括等离子体诊断系统，例如用于测量等离子体密度的 Langmuir 探针。等离子体监视系统 57 可以与控制器 55 一起使用以确定刻蚀工艺的状态并提供反馈以确保工艺的一致性。或者，等离子体监视系统 57 可以包括微波和/或 RF 诊断系统。

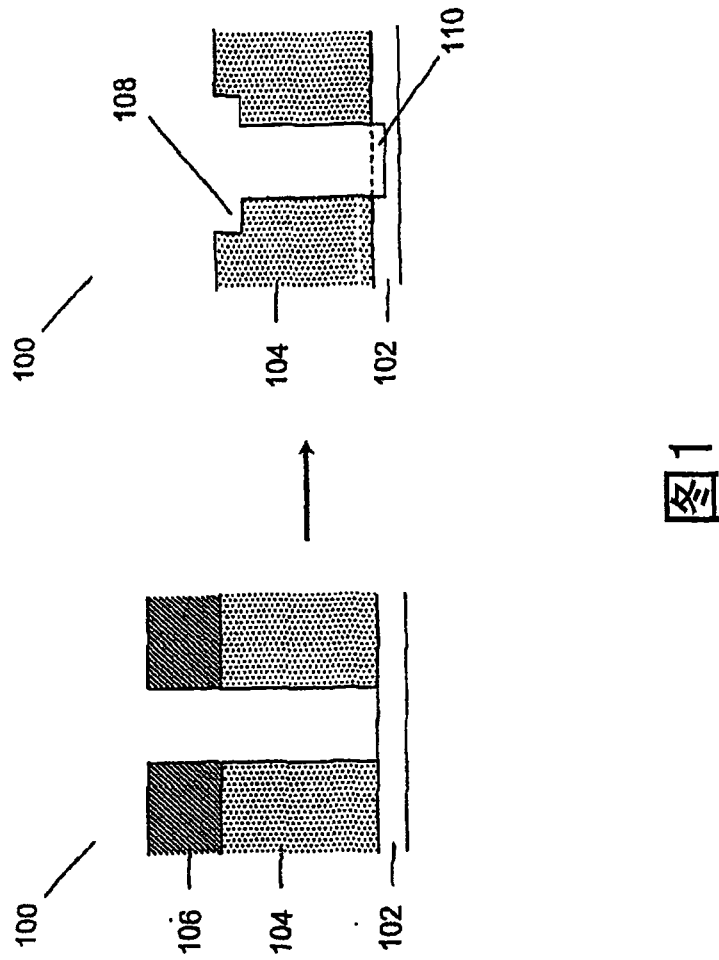
图 6 示出了根据本发明另一个实施例的等离子体处理系统。等离子体处理系统 2 包括包含机械或电旋转 DC 磁场系统 60 的 RF 等离子体源，以潜在地增大等离子体密度和/或提高等离子体处理均匀性。而且，控制器 55 耦合到旋转磁场系统 60 以规范旋转速度和场强。

图 7 示出了根据本发明又一个实施例的等离子体处理系统。等离子体处理系统 3 包括包含电感线圈 80 的 RF 等离子体源，RF 功率经由 RF 发生器 82 通过阻抗匹配网络 84 耦合到电感线圈 80。RF 功率电感性地从电感线圈 80 通过电介质窗口（未示出）耦合到等离子体处理区域 45。用于向电感线圈 80 施加 RF 功率的典型频率从 0.1MHz 到 100MHz，并且可以是

13.56MHz。施加到电感线圈的 RF 功率可以在约 50W 和约 10000W 之间。类似地，用于向卡盘电极施加 RF 功率的典型频率从 0.1MHz 到 30MHz，并且可以是 13.56MHz。施加到衬底夹持器的 RF 功率可以为约 0W 到约 1000W。另外，缝隙 Faraday 屏蔽罩（未示出）可以用于减少电感线圈 80 和等离子体之间的电容性耦合。而且，控制器 55 耦合到 RF 发生器 82 和阻抗匹配网络 84 以控制向电感线圈 80 施加功率的操作。

另外，应当理解，图 5-7 中所示的等离子体处理系统只是用于示例性目的，因为特定硬件的许多变体可以用于实现其中可以实施本发明的处理系统，并且这些变体对于本领域技术人员来说是很清楚的。

考虑到以上教导可以对本发明进行大量修改和变化。因此，应当理解，在所附权利要求的范围内，可以按与这里具体描述的不同的方式来实施本发明。



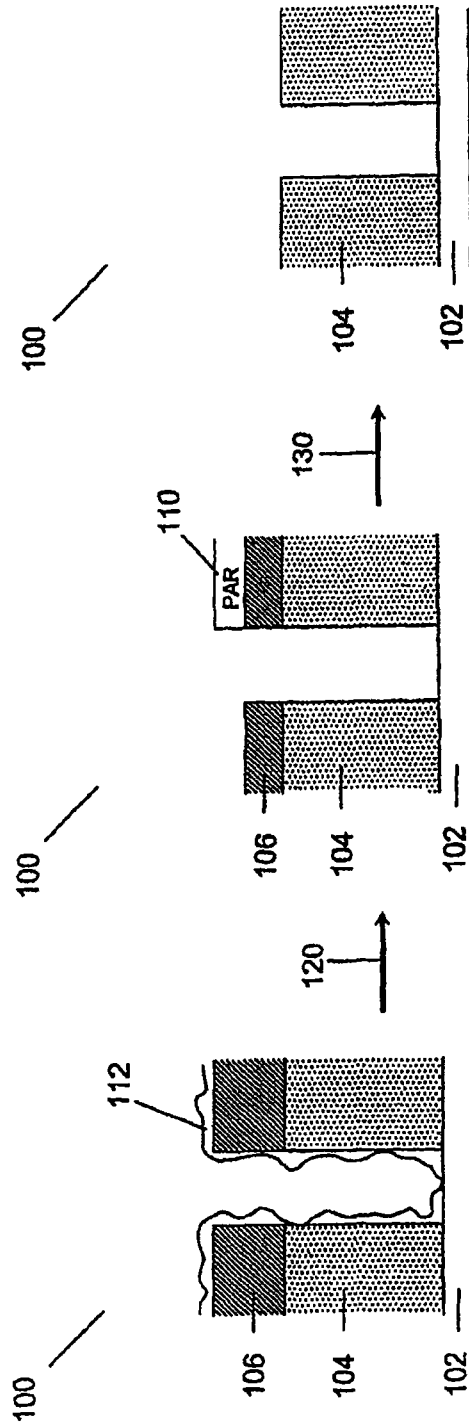


图2

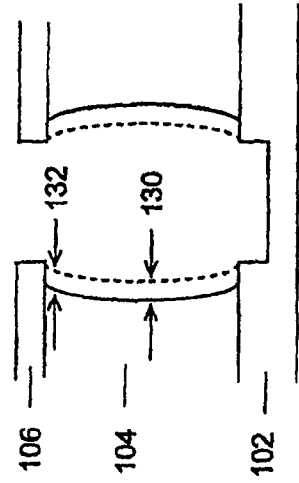


图4

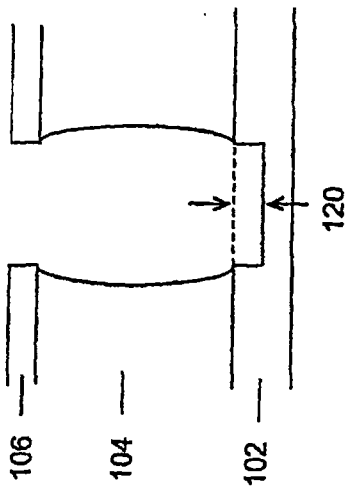


图3

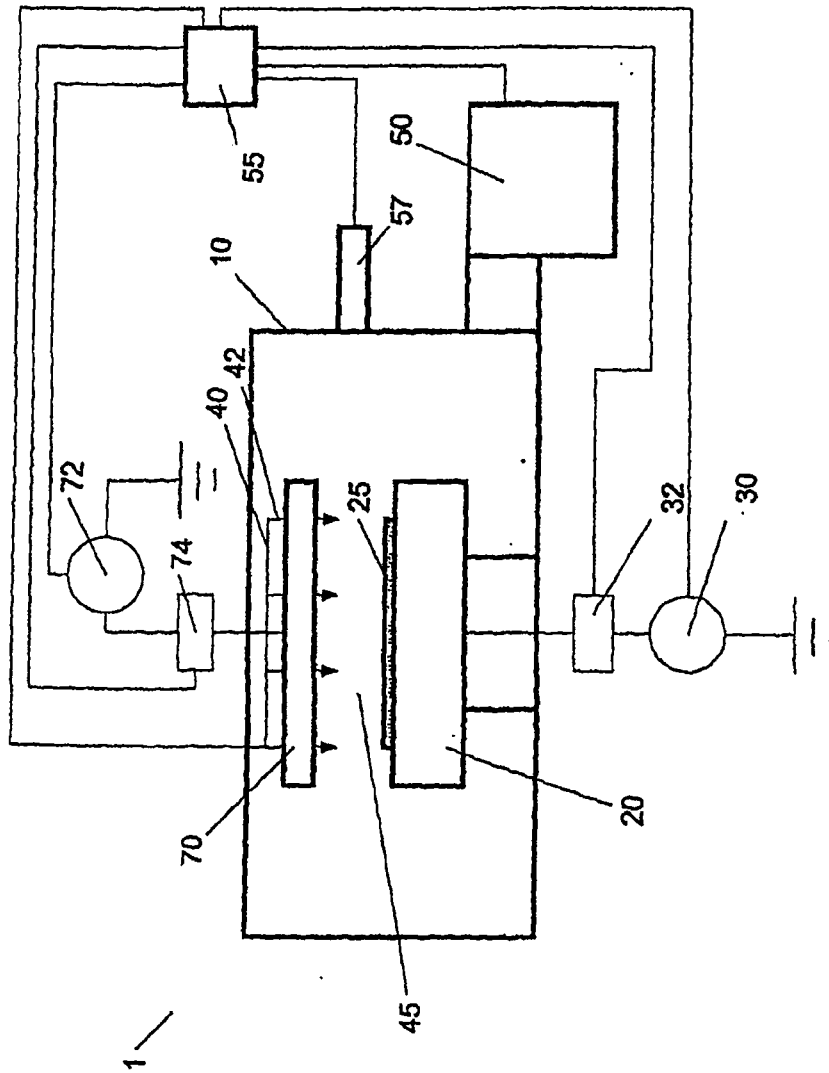


图5

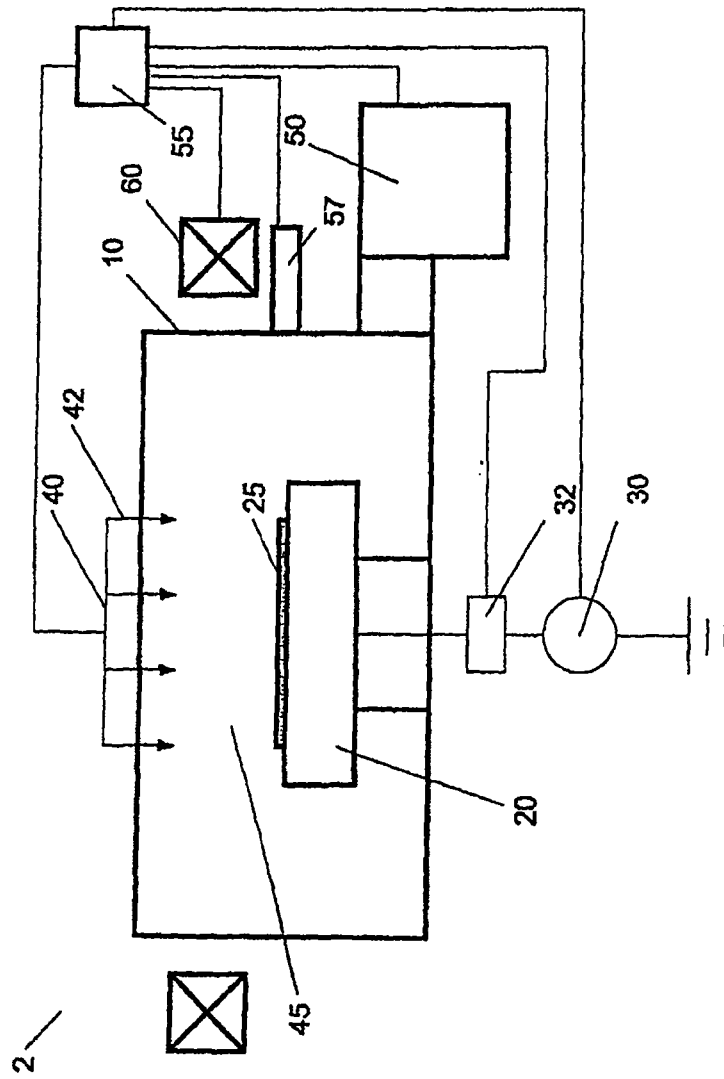


图6

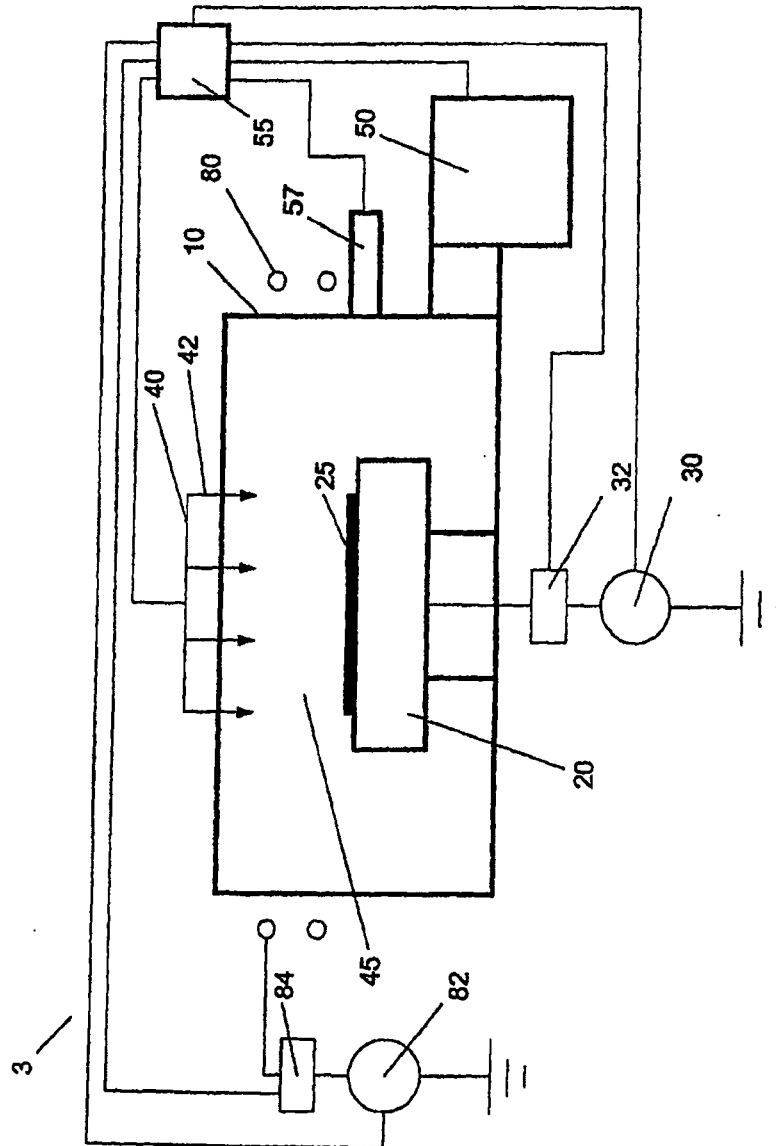


图7