



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03822166.7

[43] 公开日 2005 年 10 月 12 日

[11] 公开号 CN 1682353A

[22] 申请日 2003.9.16 [21] 申请号 03822166.7

[30] 优先权

[32] 2002.9.18 [33] US [31] 60/412,067

[86] 国际申请 PCT/US2003/029275 2003.9.16

[87] 国际公布 WO2004/027826 英 2004.4.1

[85] 进入国家阶段日期 2005.3.18

[71] 申请人 马特森技术公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 勒内·乔治 约翰·扎贾克

丹尼尔·J·迪瓦恩

克雷格·兰夫特

安德烈亚斯·卡达瓦尼克

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

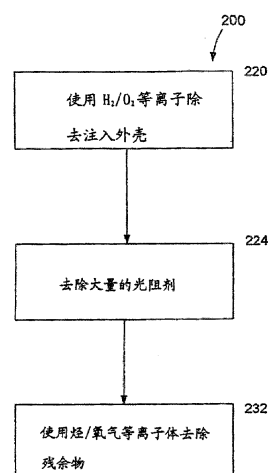
代理人 王景刚 王 冉

权利要求书 7 页 说明书 12 页 附图 3 页

[54] 发明名称 去除材料的系统和方法

[57] 摘要

公开了一种用于从处理对象上去除工艺材料外壳、诸如离子注入光阻剂的方法。利用与氧气结合的烃气体产生没有卤素的等离子体，从而使所述外壳遭受等离子体。可使用甲烷作为烃气体。该等离子体可用来去除下层未改性的光阻剂和离子注入相关残余物。该等离子体可类似地利用与氧气结合的含氢气体产生，该含氢气体可以是纯氢气。使用了几种技术，其将处理对象暴露于基于氢/氧的等离子体，随后暴露于基于烃/氧的等离子体。



1、一种至少用于从处理对象上去除工艺材料外壳的等离子体反应器系统，包括：

- 5 处理室，在该处理室中利用与氧气结合的烃气体产生等离子体，其方式使得工艺材料外壳遭受等离子体，以用来去除所述工艺材料外壳，所述等离子体至少近似没有卤素。

2、一种至少用于从处理对象去除工艺材料外壳的方法，包括以下步骤：

- 10 在处理室中利用与氧气结合的烃气体产生等离子体，所述等离子体至少近似没有卤素，其方式使得工艺材料外壳遭受等离子体，以用来去除所述工艺材料外壳。

3、如权利要求2所述的方法，其中所述处理室是等离子体室，所述方法在等离子反应器系统中实施。

- 15 4、一种至少用于从处理对象上去除工艺材料外壳的等离子体反应器系统，包括：

处理室，在该处理室中利用与氧气结合的含氢气体产生等离子体，所述等离子体基本没有卤素，整个气体混合物包括至少15%的氢，其方式使得工艺材料外壳遭受等离子体，以用来去除所述工艺材料外壳。

5、一种至少用于从处理对象去除工艺材料外壳的方法，包括以下步骤：

- 20 在处理室中利用与氧气结合的含氢气体产生等离子体，所述等离子体基本没有卤素，整个气体混合物包括至少15%的氢，其方式使得工艺材料外壳遭受等离子体，以用来去除所述工艺材料外壳。

6、如权利要求5所述的方法，其中所述处理室是等离子体室，所述方法在等离子反应器系统中实施。

- 25 7、一种至少用于从处理对象上去除工艺材料外壳的等离子体反应器系统，包括：

处理室，在该处理室中利用与氧气结合的气体产生不含卤素的等离子体，其方式使得在所述等离子体中产生 CH_2 基和 CH_3 基中的至少一种，从而使工艺材料外壳遭受等离子体，以用来去除工艺材料外壳。

- 30 8、一种至少用于从处理对象去除工艺材料外壳的方法，包括以下步骤：
在处理室中利用与氧气结合的气体产生不含卤素的等离子体，其方式

使得在所述等离子体中产生 CH_2 基和 CH_3 基中的至少一种，从而使工艺材料外壳遭受等离子体，以用来去除工艺材料外壳。

- 9、一种至少用于从处理对象上去除光阻剂层的等离子体反应器系统，所述光阻剂层包括通过使光阻剂暴露于离子注入源而形成的最外面的外壳，所述系统包括：

处理室，所述处理对象被支承在该处理室中；

- 第一装置，在所述处理室中利用与氧气结合的氢气产生不含卤素的第一等离子体，其方式使得所述最外面的外壳遭受该第一等离子体，以用来至少去除该最外面的外壳的相当大的部分，从而使光阻剂层的最里面的部分留在处理对象上；

第二装置，用于至少去除所述光阻剂层的所述最里面的部分的相当大的一部分，有残余物残留在该处理对象上，所述残余物涉及光阻剂层的所述最外面的外壳和最里面部分中的至少一个；和

- 第三装置，利用与氧气结合的烃气体产生不含卤素的第二等离子体，将残余物暴露于该第二等离子体，以便从处理对象上去除所述残余物。

10、一种至少用于从处理对象上去除光阻剂层的方法，所述光阻剂层包括通过使光阻剂暴露于离子注入源而形成的最外面的外壳，所述方法包括：

将所述处理对象支承在处理室中；

- 在所述处理室中利用与氧气结合的氢气产生不含卤素的第一等离子体，其方式使得所述最外面的外壳遭受该第一等离子体，以用来至少去除该最外面的外壳的相当大的部分，从而使光阻剂层的最里面的部分留在处理对象上；

- 至少去除所述光阻剂层的所述最里面的部分的相当大的一部分，有残余物残留在该处理对象上，所述残余物涉及光阻剂层的所述最外面的外壳和最里面部分中的至少一个；和

利用与氧气结合的烃气体产生不含卤素的第二等离子体，将残余物暴露于该第二等离子体，以便从处理对象上去除所述残余物。

- 11、一种至少用于从处理对象上去除光阻剂层的等离子体反应器系统，所述光阻剂层包括通过使光阻剂暴露于离子注入源而形成的最外面的外壳，其方式使得可能额外形成注入残余物，所述系统包括：

处理室，所述处理对象被支承在该处理室中；

第一装置，在所述处理室中利用与氧气结合的氢气产生第一等离子体，从而该第一等离子体基本不含卤素，并且其方式使得至少所述最外面的外壳遭受该第一等离子体，以便去除该最外面的外壳的至少一部分，从而使
5 所述光阻剂层的下层部分以及至少一部分所述注入残余物留在处理对象上；和

第二装置，利用与氧气结合的烃气体产生第二等离子体，从而该第二等离子体基本不含卤素，并且将所述光阻剂层的下层部分和注入残余物的任何残留部分暴露于该第二等离子体，以便从处理对象上将其去除。

10 12、一种至少用于从处理对象上去除光阻剂层的方法，所述光阻剂层包括通过使光阻剂暴露于离子注入源而形成的最外面的外壳，其方式使得可能额外形成注入残余物，所述方法包括：

将所述处理对象支承在处理室中；

在处理室中利用与氧气结合的氢气产生第一等离子体，从而该第一等
15 离子体基本不含卤素，并且其方式使得至少所述最外面的外壳遭受该第一等离子体，以便去除该最外面的外壳的至少一部分，从而使所述光阻剂层的下层部分以及至少一部分所述注入残余物留在处理对象上；和

利用与氧气结合的烃气体产生第二等离子体，从而该第二等离子体基本不含卤素，并且将所述光阻剂层的下层部分和注入残余物的任何残留部
20 分暴露于该第二等离子体，以便从处理对象上将其去除。

13、一种至少用于从处理对象上去除工艺残余物的等离子体反应器系统，该工艺残余物形成在该处理对象上，至少部分为从处理对象上去除离子注入光阻剂的结果，所述系统包括：

处理室，在该处理室中利用与氧气结合的烃气体产生等离子体，其方
25 式使得工艺残余物遭受该等离子体，以使用来去除该工艺残余物，所述等离子体至少近似不含卤素。

14、一种至少用于从处理对象上去除工艺残余物的方法，该工艺残余物形成在该处理对象上，至少部分为从处理对象上去除离子注入光阻剂的结果，所述方法包括：

30 在处理室中利用与氧气结合的烃气体产生至少近似不含卤素的等离子体，其方式使得工艺残余物遭受该等离子体，以使用来去除该工艺残余物。

15、一种至少用于从处理对象上去除工艺残余物的等离子体反应器系统，该工艺残余物形成在该处理对象上，至少部分为从处理对象上去除离子注入光阻剂的结果，所述系统包括：

5 处理室，在该处理室中利用与氧气结合的含氢气体产生基本不含卤素的等离子体，整个气体混合物包括至少 15%的氢，其方式使得工艺残余物遭受等离子体，以用来去除该工艺残余物。

16、一种至少用于从处理对象上去除工艺残余物的方法，该工艺残余物形成在该处理对象上，至少部分为从处理对象上去除离子注入光阻剂的结果，所述方法包括：

10 在处理室中利用与氧气结合的含氢气体产生基本不含卤素的等离子体，整个气体混合物包括至少 15%的氢，其方式使得工艺残余物遭受等离子体，以用来去除该工艺残余物。

17、如权利要求 8、10、12、14 或 16 中任一项所述的方法，其中所述方法在等离子体反应器系统中实施。

15 18、如权利要求 1、4、7、9、11、13 或 15 中任一项所述的系统或者如权利要求 2、3、5、6、8、10、12、14 或 16 中任一项所述的方法，其中所述处理对象为半导体晶片。

19、如权利要求 1 所述的系统或者如权利要求 2 或 3 所述的方法，其中所述烃气体在所述等离子体中产生低分子量的基团。

20 20、如权利要求 19 所述的系统或方法，其中所述低分子量的基团包括小于大约 30 的分子量。

21、如权利要求 19 所述的系统或方法，其中所述基团包括 CH_2 基和 CH_3 基中的至少一种。

22、如权利要求 19 所述的系统或方法，其中所述烃气体能够在等离子体中产生 CH_2 基和 CH_3 基中的至少一种。

23、如权利要求 1 所述的系统或者如权利要求 2 或 3 所述的方法，其中所述工艺材料外壳通过原始光阻剂层的离子注入而在所述处理对象上形成。

24、如权利要求 23 所述的系统或方法，其中所述工艺材料外壳位于所述原始光阻剂层的未改性区域的上面，并且使用利用与氧气结合的所述烃气体形成的所述等离子体来去除所述光阻剂的未改性区域。

25、如权利要求 24 所述的系统或方法，其中借助于利用与氧气结合的所述烃气体形成的所述等离子体来同时去除所述工艺材料外壳和所述原始光阻剂层的所述未改性区域。

26、如权利要求 25 所述的系统或方法，其中利用下游等离子体发生装置产生所述等离子体。

27、如权利要求 1 所述的系统或者如权利要求 2 或 3 所述的方法，其中所述烃气体占带有氧气的整个混合物的大约 15%至 85%。

28、如权利要求 1 所述的系统或者如权利要求 2 或 3 所述的方法，其中所述烃气体为甲烷。

29、如权利要求 1 所述的系统或者如权利要求 2 或 3 所述的方法，其中 75%的甲烷和 25%的氧气形成整个气体混合物。

30、如权利要求 1 或 4 所述的系统，包括用于以至少 200W 的功率水平将能量引入等离子体的感应线圈。

31、如权利要求 1 或 4 所述的系统，包括用于以至少 500W 的功率水平将能量引入等离子体的感应线圈。

32、如权利要求 1 或 4 所述的系统，包括用于以大约 3000W 的功率水平将能量引入等离子体的感应线圈。

33、如权利要求 1 或 4 所述的系统，包括用于以大约 500 至 5000W 的功率水平将能量引入等离子体的感应线圈。

34、如权利要求 1 或 4 所述的系统，包括用于产生所述等离子体的平行板反应器。

35、如权利要求 1 或 4 所述的系统，包括用于产生所述等离子体的微波等离子体源。

36、如权利要求 1 或 4 所述的系统，其中所述处理室处于在大约 0.5 至 15 托的范围内选定的压力下。

37、如权利要求 1 或 4 所述的系统，其中所述处理室处于大约 3 托的压力下。

38、如权利要求 1 或 4 所述的系统，其中所述处理室处于大约 1 托的压力下。

39、如权利要求 2 或 3 所述的方法，其中所述工艺材料是光阻剂，所述工艺材料外壳是在所述处理对象表面上通过原始光阻剂层的离子注入形

成的, 所述等离子体与该工艺材料接触。

40、如权利要求 39 所述的方法, 其中所述工艺材料外壳位于所述原始光阻剂层的未改性区域的上面, 所述方法包括利用所述等离子体去除光阻剂的所述未改性区域。

5 41、如权利要求 40 所述的方法, 包括利用所述等离子体同时去除所述工艺材料外壳和所述原始光阻剂层的所述未改性区域。

42、如权利要求 41 所述的方法, 包括在下游产生所述等离子体。

43、如权利要求 2、3、5 或 6 中的任一项所述的方法, 包括以至少 500W 的功率水平将能量引入等离子体的感应线圈。

10 44、如权利要求 2、3、5 或 6 中的任一项所述的方法, 包括以大约 500 至 5000W 的功率水平将能量引入等离子体的感应线圈。

45、如权利要求 2、3、5 或 6 中的任一项所述的方法, 包括使所述处理室处于在大约 0.5 至 15 托的范围内选定的压力下。

15 46、如权利要求 2、3、5 或 6 中的任一项所述的方法, 包括使所述处理室处于大约 3 托的压力下。

47、如权利要求 2、3、5 或 6 中的任一项所述的方法, 包括使所述处理室处于大约 1 托的压力下。

48、如权利要求 4 所述的系统或者权利要求 5 或 6 所述的方法, 其中所述含氢气体基本由氢气组成。

20 49、如权利要求 48 所述的系统或方法, 其中所述氢气和所述氧气各占整个气体混合物的至少近似一半。

50、如权利要求 48 所述的系统或方法, 其中所述氢气占整个气体混合物的大约 15%至 85%。

25 51、如权利要求 48 所述的系统或方法, 包括使所述处理室处于在大约 0.5 至 15 托的范围内选定的压力下。

52、如权利要求 4 所述的系统或者权利要求 5 或 6 所述的方法, 其中所述工艺材料是光阻剂, 所述工艺材料外壳是在所述处理对象表面上通过原始光阻剂层的离子注入形成的。

30 53、如权利要求 52 所述的系统和方法, 其中所述工艺材料外壳位于所述原始光阻剂层的未改性区域的上面, 使用利用与氧气结合的所述氢气形成的等离子体去除光阻剂的所述未改性区域。

54、如权利要求 53 所述的系统和方法，其中使用利用与氧气结合的所述氢气形成的等离子体同时去除所述工艺材料外壳和所述原始光阻剂层的所述未改性区域。

55、如权利要求 4 所述的系统或者权利要求 5 或 6 所述的方法，其中
5 所述含氢气体占带有氧气的整个混合物的大约 15%至 85%。

56、如权利要求 11 所述的系统或者如权利要求 12 所述的方法，其中
所述第一装置去除所述最外面的外壳的至少相当大的部分，从而光阻剂的
所述下层部分对应于先前位于所述最外面的外壳下面的未改性光阻剂区
域，所述第二装置去除光阻剂的所述下层部分的相当大的部分。

10 57、如权利要求 15 所述的系统或者如权利要求 16 所述的方法，其中
所述含氢气体基本由氢气组成。

去除材料的系统和方法

- 5 本申请要求享有美国临时专利申请 No. 60/412067 的优先权，该申请于 2002 年 9 月 18 日提交，名称为“光阻剂注入外壳去除”，其内容在此引入作为参考。

技术领域

- 10 本发明大体涉及一种器件处理，包括半导体和平板显示器处理，尤其涉及用于去除至少一个离子注入光阻剂层的系统和方法。本发明公开描述的是光阻剂注入外壳的去除。

背景技术

- 15 在制造器件的过程中，不同材料被放置在通常为硅晶片或者平板玻璃衬底的衬底上，从而将衬底的表面的一些部分转换成功能集成电路器件。例如，可在裸露的硅晶片上覆盖诸如二氧化硅（硅氧化物或氧化物）、硅的氮化物和光阻剂的材料掩膜，从而在不同处理步骤中保护该晶片。在某些处理之后，必须从晶片的表面去除材料。这些材料可包括已经经过高剂量
- 20 离子注入的光阻剂层，其中离子注入驱动注入的种（species）进入光阻剂。这种离子注入光阻剂展现出与原始光阻剂非常不同的特性。理论上，由于这些种提供了足以从光阻剂驱除氢的能量，因此这些种使光阻剂改性，从而改变了其在整个穿透厚度上的化学特性和粘合结构。对这些粘合层的分析显示，该层具有高水平的交联和高水平的双或者三键连碳原子。该光阻
- 25 剂的改性表面层通常被称作注入外壳（implant crust）或者简单外壳。

- 现有技术已经开发出了利用干等离子体工艺尝试去除硬化外壳的多种处理。这些技术中更成功的技术都具有在等离子体中使用卤素的特殊特征。例如，经常使用四氟化碳 CF_4 。虽然这些现有技术提出在等离子体中的诸如低浓度的氢的其他成分是有用的并且有助于去除注入外壳，但又提出卤素
- 30 是负责的制剂。但不理想的是，等离子体中的卤素种没有针对光阻剂加以选择，并且可能损坏晶片上的有效器件和结构。

在美国专利 No. 4861424 (下文中称作'424 专利) 中公开了一种未使用带有氢的卤素的方法。但由于该专利例如在第 1 栏 50 - 57 行断言有疑问的不挥发氧化物 (例如五氧化二磷) 在存在氧气时形成, 所以直接教导了在等离子体中不使用氧气。与为了去除注入外壳而不使用氧气的这一教导一致, '424 专利教导了使用与氢气结合的氮气来替代 (例如参见第 2 栏, 38 - 39 行)。另外还提出要注意, 只有 3% 的低氢气含量与 97% 的氮气一起使用, 如第 4 栏, 25 - 26 行所述。由于如下所述的原因, '424 专利方法被认为与本发明所述的方法完全相反。

在美国专利 No. 5628871 (下文称作'871 专利) 中可以看到使用含氢的等离子体的另一现有技术。与'424 专利一样, 该文献使用了氧自由等离子体, 从而避免在去除注入外壳的过程中形成上述不挥发氧化物 (见第 1 栏, 57 - 64 行)。另外, 为了去除大量的下层光阻剂, 只在去除注入外壳之后应用了利用氧气的一个单独步骤 (例如见第 2 栏, 29 - 40 行)。因此'871 使用了与'424 专利一致的方法, 并且对于去除注入外壳, 该方法直接与本发明所采用的方法相反, 如下所述。

但是, 现有技术也包括去除在去除注入光阻剂外壳和下层光阻剂之后残留的残余物的多个示例。如下所述, 残余物可包括任何或者所有溅射的硅或者硅氧化物 (或者任何制成衬底的材料)、碳化材料和注入种的残余。应该明白, 在同一时刻可以存在一种以上的注入种。在这点上, '424 专利采用了利用湿硝酸曝光或者氧气等离子体的方法。后者通常在注入外壳已经被去除之后使用 (例如见第 4 栏, 41 - 48 行)。'871 专利针对残余物去除具有与'424 专利相同的特点。

本发明提供了不使用卤素的系统和方法, 具有额外的优点, 如下所述。

25 发明内容

如下文中将更详细描述, 公开了一种至少用于从处理对象上去除工艺材料外壳的等离子体反应器系统及方法, 其中该系统具有包含处理对象的处理室。在本发明的一个方面, 至少近似没有卤素的等离子体在处理室中利用与氧气结合的烃气体产生, 其方式使得工艺材料遭受等离子体以用来至少去除工艺材料外壳。在一个特征中, 使用甲烷作为烃气体。在另一特征中, 工艺材料为光阻剂, 并且工艺材料外壳通过在处理对象的表面上

离子注入原始光阻剂层而形成。在再一特征中，烃/氧等离子体用于去除光阻剂层的未改性部分和离子注入相关残余物中的至少一种。

在本发明的另一方面，其中至少近似没有卤素的等离子体利用与氧气结合的含氢气体在处理室产生，整个气体混合物包括至少 15% 的氢，其方式使得工艺材料外壳遭受等离子体以用来至少去除工艺材料外壳。在一个特征中，含氢气体基本主要由氢气构成。在另一特征中，氢气在整个气体混合物中占大约 15% - 85%。在再一特征中，氢气和氧气占整个气体混合物的至少大约一半。在又一特征中，氢/氧等离子体用于去除光阻剂层的未改性部分和离子注入相关残余物中的至少一种。

10 在本发明的另一方面，至少大体不含卤素的等离子体利用与氧气结合的气体产生，其方式使得在等离子体中产生 CH_2 基和 CH_3 基中的至少一种，从而使工艺材料外壳遭受等离子体以用来至少去除工艺材料外壳。

在本发明的另一方面，提供了一种用于从处理对象去除光阻剂层的等离子体反应器系统和方法。该光阻剂层包括通过使光阻剂暴露于离子注入源而形成的最外面的外壳。处理对象被支承在处理室中。利用与氧气结合的氢气产生至少大体不含卤素的第一等离子体，其方式使得处理室中的处理对象的最外面的外壳遭受该第一等离子体，以用来至少去除该最外面的外壳的相当大的部分，从而使光阻剂层的最里面的部分留在处理对象上。然后去除该光阻剂层的最里面的部分的相当大的一部分，从而有残余物残留在该处理对象上。所述残余物涉及最外面的外壳和光阻剂层的最里面部分中的至少一个。利用与氧气结合的烃气体产生至少大体不含卤素的第二等离子体。将处理对象暴露于该第二等离子体，以便从处理对象上去除所述残余物。

在本发明的另一方面，使用一等离子体反应器系统来至少从处理对象上去除光阻剂层。该光阻剂层包括通过将光阻剂暴露于离子注入源而形成的最外面的外壳，其方式使得可能额外形成残余物。处理对象被支承在处理室中。利用与氧气结合的氢气产生的第一等离子体，从而该第一等离子体基本不含卤素，并且其方式使得至少所述最外面的外壳遭受该第一等离子体，以便去除该最外面的外壳的至少一部分，从而使光阻剂层的下层部分以及至少一部分残余物留在处理对象上。然后利用与氧气结合的烃气体产生第二等离子体，从而该第二等离子体基本不含卤素，并且将所述光阻

剂层的下层部分和注入残余物的任何残留部分暴露于该第二等离子体，以便从处理对象上将其去除。

在本发明的另一方面，使用一等离子体反应器系统来至少从处理对象上去除工艺残余物，其中该工艺残余物形成在该处理对象上，至少部分为从处理对象上去除注入光阻剂的结果。在一腔室中利用与氧气结合的烃气体产生等离子体，其方式使得工艺残余物遭受该等离子体，以使用来去除该工艺残余物。所述等离子体至少近似不含卤素。

在本发明的另一方面，使用一等离子体反应器系统来至少从处理对象上去除工艺残余物，其中该工艺残余物形成在该处理对象上，至少部分为从处理对象上去除注入光阻剂的结果。在一腔室中利用与氧气结合的含氢气体产生等离子体，整个气体混合物包括至少 15% 的氢气，其方式使得工艺残余物遭受等离子体，以用来去除该工艺残余物。

附图说明

通过结合附图参照下述详细说明将了解本发明，对附图简要说明如下。

图 1 是根据本发明使用的一处理系统的正视示意图；

图 2 是流程图，示出了根据本发明实施的具有更多优点的整个方法的一个实施例，用于从加工对象上去除离子注入光阻剂层；

图 3 和 4 是横截面示意图，示出了当光阻剂暴露于离子注入种时注入外壳的形成；

图 5 是横截面示意图，示出了根据本发明以留下未被离子注入改性的下层光阻剂部分的方式去除离子注入外壳；

图 6 是正视示意图，示出了残留在衬底上的残余物以及根据本发明将其去除。

具体实施方式

图 1 示出了在本发明的示例性实施例中使用的感应连接的等离子体反应器系统 100。要被处理的半导体晶片 102 被放置在处理室 106 中的支架 104 上。可利用加热或者冷却系统（未示出）来加热或者冷却支架 104，从而加热或者冷却要处理的晶片。气体通过排出口 112 从系统排出。支架 104 搁置在一工作台上（未示出）。支架 104 可与一 RF 偏压器电隔离并且选择

连接,从而朝向晶片加速离子以增强处理。参见例如美国专利 No. 5534231。注意,为了提高读者的可理解性,附图不是按比例绘制。另外,贯穿全文相同的附图标记指代相同的部件。

5 等离子体发生室 114 位于处理室 106 上方。注意可针对单个腔室设置一个以上的等离子体源,为了简便起见未示出。处理室 106 的顶板 116 为等离子体发生室的部件提供了共同基础,并且由诸如铝等的导电材料制成。等离子体发生室的侧壁利用非导电材料制成,诸如石英和氧化铝,并且厚度为 3 至 8mm。等离子体发生室的侧壁在其基部固定到处理室的顶板 116 上。等离子体发生室的顶盖 118 可以是铝或者类似的导电材料,或者可以
10 是与等离子体发生室侧壁相同的材料。O 形密封环 120 被积压在顶盖 118 与等离子体发生室侧壁之间,以便提供真空密封。气体入口 122 穿过顶盖 118 设置以便将气体引入等离子体发生室 114。

与等离子体发生室相邻的感应器,诸如感应线圈 124,为等离子体发生室提供能量。在该示例性实施例中,感应线圈 124 是环绕等离子体发生室
15 到 4 匝的铜管形螺旋线圈。也可使用具有不同尺寸、匝数或者诸如圆锥或扁平形状的其他感应器。感应线圈 124 通过阻抗匹配网络或者变换器(未示出)与射频(RF)源 126 连接。感应连接 RF 能量通常被以工业、科学、医药(ISM)标准频率 13.56、27.12、40.68MHz 中的一种、或者 13.56MHz ISM 标准频率的其他谐频供送给反应器,但从 1 至 100MHz 的任何频率也
20 是可以使用的。通常能量通过阻抗匹配网络输送给线圈。RF 能量通常以大约 500 至 5000W 的功率输送给感应线圈。虽然结合感应连接等离子体反应器的使用描述了本发明,但应该明白可在所附权利要求书的范围内使用任何合适形式的等离子体反应器或者发生器。等离子体反应器的可选形式包括,但不局限于平行板反应器、ERC 反应器和微波反应器。

25 分离法拉第屏蔽 128 设置在感应线圈 124 与等离子体发生室 114 之间。分离法拉第屏蔽 128 位于处理室的顶板 116 上。也使用压缩 O 形密封圈(未示出)来在等离子体发生室 114 与处理室的顶板 116 之间提供真空密封。

由于屏蔽 128 是接地的,它减小了线圈与等离子体之间的电容耦合。虽然电容耦合减小,但通过在屏蔽中形成的槽 134 仍会有一些电容耦合。
30 电容耦合的减小反之减小了等离子体电势的调制和带电粒子对半导体晶片的轰击。中性激活种连续产生并且流过晶片的表面。但如上所述,本发明

实施用于加速带电离子来轰击晶片，但应该明白潜在损伤非选择机械冲击力随后产生。

在屏蔽中形成的槽的数目和尺寸可变化来改变电容耦合的水平。在实施性实施例中，法拉第屏蔽 128 限定出沿着屏蔽的纵向形成狭窄的狭槽，通常为大约 1cm 宽或者更窄，屏蔽具有整体“I”形的结构，其中形成槽 124 的扩大孔端部 135。这些扩大端部出于增强从线圈 124 至等离子体发生室 114 中的等离子体耦合的磁场、同时最小地增加电场耦合的目的而加入。在该示例性实施例中，对于 200mm 的硅晶片，法拉第屏蔽的直径为大约 200mm，通常带有彼此等距间隔开的 8 个槽或者更多。应该注意，源的直径可以大于 200mm，并且通常可以有更多数目的槽。而且，所述源的尺寸通常设计成与衬底的尺寸一致（即，300mm 晶片和更大的下代晶片和或者平板显示系统将使用相当大的等离子体源）。至于根据本发明实施以及已经描述的注入光阻剂外壳去除，应该明白可以使用法拉第屏蔽，但实际上法拉第屏蔽不是必需的。但同时应该明白，I 形槽法拉第屏蔽 128 被认为为了增强磁场耦合而相反不引入电场效果在任何感应等离子体反应器系统中是有用的。而且，不必须使用矩形端部，而可以使用任何合适的形状，只要获得所需的结果即可。在本示例中，孔端部 135 的高度近似为 35mm、相邻孔端部之间的分离厚度 s 近似为 12mm。

还是参见图 1，通过标记为 MFC1 和 MFC2 的一对质量流量控制器引入气体，所述 MFC1 和 MFC2 具有相关的截止阀。根据本发明，MFC1 用来通过莲蓬头 120 引入氧气 O_2 ，而 MFC2 用于引入诸如甲烷 CH_4 的烃气体。承载注入光阻剂外壳的晶片经受在系统 100 中利用甲烷和氧气混合物的干等离子体蚀刻。更具体地，利用 50% 的甲烷和 50% 的氧气、以及 75% 的甲烷和 25% 的氧气、25% 的甲烷和 75% 的氧气试验展示了显著的结果。注意由于气体通常通过计量标准立方厘米/分钟（sccm）来输送，因此贯穿本申请的附图给出的是百分比气体流量。另外的处理参数包括感应线圈 124 的功率约为 3000 瓦、处理室 106 中的压力约为 3 托。虽然现有技术的处理通常在更低功率和压力值下进行，但不需要增加这些数值。在这点上，认为在现有技术压力和功率值下利用新处理气体混合物可获得的结果彻底优于现有技术的结果。如下文将详细所述的，利用增加后的压力和功率数值获得的结果比现有注入光阻剂外壳去除技术的状态显著。利用这些参数，测

试晶片上的注入外壳每分钟被去除 2 至 8 微米。而且, 测试晶片的后处理检查显示几乎没有或者没有残余物残留。本发明考虑了任何能形成低分子量烃基的有用气体, 所述烃基例如为 CH_2 和/或可能为 CH_3 的基团。任何当引入等离子体时能产生低分子量基(分子量大约小于 30 的基团)的烃气体被认为是有益的, 包括但不限于甲烷(CH_4)、丙烷($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$)、乙烷(C_2H_6 或 CH_3CH_3)、乙炔(C_2H_2 或者 $\text{HC}\equiv\text{CH}$)、丙二烯或丙二烯(C_3H_4 或者 $\text{H}_2\text{C}\equiv\text{C}\equiv\text{CH}_2$)、丁二烯或甲基丙二烯(C_4H_6 或 $\text{H}_2\text{C}\equiv\text{C}\equiv\text{CHCH}_3$)、丁烷(C_4H_{10} 或 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$)、丁烯(C_4H_8 或 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$)、环丙烷(C_3H_6)、二甲胺($(\text{CH}_3)_2\text{NH}$)、二甲基醚($(\text{CH}_3)_2\text{O}$)、二甲基丙烷或异丁烷(C_4H_{10} 或 $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_3$)、乙烷(C_2H_6 或 CH_3CH_3)、甲醇(CH_3OH)或者合适烃气体的任何氟化形式。这些烃气体或者氟化形式在整个混合物的 15%至 85%范围内。

应该明白, 利用与氧气结合的烃气体形成等离子体不局限于去除注入外壳。也就是说, 该等离子体不仅可用于去除注入外壳还可去除光阻剂的下层未改性部分。而且, 可利用该优选的等离子体从处理对象上去除残余物。在该点上, 利用该等离子体的残余物去除可以加以实施, 而不管施加用来去除注入外壳和改性光阻剂的工艺是否不同。另外, 该等离子体可用于优选的一步的处理中, 来从处理对象上去除注入外壳、下层光阻剂和残余物。另外, 可认识到注入外壳和大量下层未改性光阻剂的去除可同时发生。这种同时去除可包括例如下切注入外壳的机构。由于大体平行于离子注入方向的光阻剂的侧壁将展现比大体垂直于离子注入方向的光阻剂表面更薄的注入外壳。因此, 更薄的侧壁可以以使下层光阻剂曝光来被等离子体下切的方式被去除。合适的等离子体将导致有利去除注入外壳和下层大量光阻剂。作为另一优点, 光阻剂层和上层注入外壳的去除已经单独利用下游蚀刻处理加以实施。即, 不需要反应离子蚀刻(RIE)步骤, 即使在优选的单独步骤处理时也是如此。该优点有助于下切效果, 如上所述。

在本发明的一个方面, 使用氢气(H_2)作为含氢气体, 替代烃气体。参见图 1, 氢气可通过 MFC 被引入反应容器中。使氢气与氧气结合, 获得类似的有利结果。一种有用的混合物为 50% H_2 和 50% O_2 。而且这一配置在用来在处理 300mm 的晶片时在 1 托的压力下去除注入外壳时极其有效, 尽管大约为 0.5 至 4 托的压力范围被认为在氢气含量为 15%至 85%时是有用

的。应该明白，利用氢气与氧气结合形成的等离子体不局限于去除注入外壳，而可用来在整个处理中以单个步骤去除 (i) 注入外壳，(ii) 光阻剂的下层未改性部分和 (iii) 残余物。另外，如上所述利用从氢气和氧气产生的这种等离子体可同时去除注入外壳、大量下层未改性光阻剂。与烃/氧气等离子体类似，合适的氢气/氧气等离子体将导致优选的注入外壳和下层大量光阻剂的同时去除，这进一步实现了单独步骤的下游处理环境。而且，与烃/氧气等离子体类似，氢气/氧气可直接去除离子注入光阻剂残余物，而不管在处理对象上的适当位置留下残余物的先前处理步骤如何。

本发明旨在避免在等离子体中使用卤素（即氟、氯、溴、碘）。虽然所附权利要求书中为了描述的目的使用了术语“无卤素”，但应该明白本术语不是用来包括卤素自然出现的场合，而是不是出于产生等离子体的目的将卤素故意引入混合物中的情况。这种等离子体被认为是至少对于实践近似来说是无卤素的。如上所述，申请人不知道能够不依赖于卤素或者使用高能量离子去除注入光阻剂外壳的任何有效等离子体技术。本发明寻求避免使用卤素的原因在于，卤基对于光阻剂外壳没有选择性。换句话说，卤素种将攻击处理对象，诸如带有给定机会这样做的具有氧化物和/或电路结构的半导体晶片，从而导致不需要的蚀刻和/或损伤。在这一点上，现有技术有某些教导，其中明确提出了烃气体和氢气[H₂]的使用，如所教导的，既不是无关紧要又不是明显的，如下所述。

首先，应该明白，光阻剂自身是聚合交联碳氢化合物材料，内在是稳定的。在该点上，由于假定增加的烃将会简单地沉积另外的碳氢化合物材料或者另外使注入的光阻剂表面聚合，因此本领域的普通技术人员避免使用包含烃的等离子体。具体地，光阻剂由 CH₂ 链形成。甲烷 CH₄ 转变成去除两个氢原子的 CH₂。本领域的普通技术人员将预期这一反应在等离子体中容易发生，从而所产生的 CH₂ 然后被沉积。单独由于上述原因，现有技术避免使用烃。但下文将描述现有技术教导避免使用烃的其他原因。

如上所述，出于有效去除光阻剂注入外壳和残余物的目的，现有技术展现出对于卤素基的依赖。另外的迫使本领域技术人员不使用含烃的气体的原因在于，当含氢的气体（当然保护氢气本身）被供给给等离子体时，氢将立即从等离子体中清除卤素基。例如，如果存在氯，则形成 HCl。这一效果然后从任何存在的卤素产生酸：HCl、HF、HBr 和 HI。这将趋于减少

所添加的卤素的可获得性。虽然从现有技术可见，这一结果在氢浓度较低时可以容忍，并且在一些方面有助于提高处理效率，但本发明的普通技术人员将假定更高水平的氢将有效去除所有的卤素，伤害到干蚀刻处理。这一状态与所观察到的聚合效果结合被认为已经阻止了解决如本发明解决的问题的尝试。

将通过使用本发明展现的显著效果理论化，以便避免由于特定原因的前述聚合问题。具体地，相对高百分比的氧气与存在于等离子体中和光阻剂表面处的 CH_2 结合，从而结束 CH_2 链建立过程。即，有足够量的氧气来利用氧原子打断任何 CH_2 链的形成。例如，容易产生 HCHO 。该分子包括稳定的、通常在等离子体环境中为气态分子的甲醛 (formaldehyde) (或者甲醛, methanal)，所述分子当产生时被作为排气泵出。因此，本发明认可并且接受由烃气体消耗一些引入的氧气。

就注入外壳和残余物的去除而言，通过本发明获得的显著结果至少部分是由于产生 CH_2 基和/或可能的 CH_3 基。

应该明白，本发明预期利用以在整个混合物中近似 15% 至 85% 的氢与氧结合来有效去除光阻剂注入外壳。申请人不至少任何依赖于这种氢含量的现有技术。通过将更高的功率引入等离子体中，添加其他合适的含氢气体，诸如 NH_3 、 N_2H_2 、 H_2S 或者其氟化形式，并且在更高的压力下，如上所述，以便增强氢基对注入外壳的作用，从而能提高效果。

鉴于前述细节，本发明还提供了用于去除光阻剂注入外壳和残余物的更优选的整体方法，如下所述。

参见图 2-6，示出了整个方法，大体如图 2 中附图标记 200 所示，用于根据本发明去除光阻剂注入外壳并且使用图 1 中的系统。图 3 和 4 合作示出以在衬底 204 (只部分示出) 上形成光阻剂带 202 开始的这种注入光阻剂的形成。在图 4 中，光阻剂带 202 暴露于离子 206，如箭头所示，这围绕原始光阻剂的下层未改性部分 212 形成注入外壳 210。所注入的掺杂物可包括但不局限于砷 (As)，连同磷 (P) 和硼 (B)。注入处理通常在从 5 - 500KeV 范围的能量下进行。在存在高剂量离子注入的情况下，注入剂量可以大于 1.0×10^{15} 离子/ cm^2 。

参见图 4，作为离子注入的结果，原始的抗蚀层 202 可以以至少三种不同的方式改性 (其中的任何一种或者其任何结合在离子注入之后可以存

在)。首先,顶层 214 以及在更少程度上抗蚀图案的侧壁 216 可嵌有无机注入离子种 (As, P, B)。随着注入种穿过光阻剂,注入种使光阻剂的聚合物成分改性,使形成光阻剂的聚合物链交联。该交联使顶层 214 和侧壁 216 碳化和硬化。这种抗蚀剂的碳化可指定为抗蚀剂改性的第二种方法。另外,原始抗蚀层可以以第三种方式改性:随着注入种打击衬底上未被抗蚀剂覆盖的区域(未示出),所述种能从衬底溅射出原子(通常衬底顶部薄膜为 Si 或者 SiO_2)。溅射原子将沉积到侧壁 214 上以及更小程度溅射到抗蚀剂的顶部。后述的两种效果由围绕光阻剂的外周边的变厚边缘 217 示出。因此,光阻剂外壳 210 包括这三种效果中的任何一种或者其任何结合。

10 参见图 2、4 和 5,方法 200 首先是步骤 220,其中将注入光阻剂 202 与外壳 210 一起暴露于等离子体 222(在图 5 中如箭头所示),该等离子体利用氢气和氧气产生。如上所述可使用 50%比率的这两种气体,或者其他合适的结合,其中氢气含量在近似 15%至 85%的范围内,处理压力在近似 0.5 至 4.0 托的范围内,尽管上限可至大约 15 托。如上所述,经验上在近似 15 1 托下证明有好结果。在暴露于 H_2 和 O_2 等离子体 222 之后,下层光阻剂 212 应保留在衬底 204 上,如图 5 所示。但要明白一些注入外壳的残留和其他效果将形成残余物,如下所述。

参见图 5,在步骤 222 中去除注入外壳之后,步骤 224 去除在衬底 204 上保留的下层光阻剂 212。为此可应用任何合适的处理。预期的公知的处理的例子包括但不局限于含 O_2 的处理,该处理也可包括氮气和整体少于大约 20 2%的氢气。

参照图 6,在步骤 224 之后,残余物 230 可残留在衬底 204 上。注意,残余物的数量和相对比例为图示的目的加以放大,并且这张图和其它所有附图不按比例绘制。该残余物可包括:(1)溅射的硅或者硅氧化物(一氧化物或者二氧化物或者制成衬底的任何材料),(2)碳化材料,(3)注入种。25 即,残余物 230 可包含这些材料中的任何一种或者所有。在这点上,术语“残余物”被认为是指代所有在离子注入之后残留的形式。

在步骤 232 中,利用等离子体 234 去除残余物 230(图 6 中如箭头所示),该等离子体利用烃气体和氧气的混合物产生。如上文详细所述,甲烷气体 30 可以用作烃气体,甲烷气体的含量在近似从 15%至 85%的范围内。更具体地,50%的甲烷和 50%氧气、75%的甲烷和 25%的氧气、75%的氧气和 25

%的甲烷的混合物已经证明有效。虽然直至约为 15 托的上限是可接受的，但可使用约从 0.5 至 4.0 托范围的处理压力。作为具体示例，发现 1 托和 3 托的压力有效的。由于等离子体对光阻剂和残余物有选择性，从而使下层结构未改性，因此包括步骤 232 的整个方法是优选的。

5 再次参见图 6，在一优选的可选实施例中，步骤 222 可在步骤 232 之后使用，没有步骤 224。即，首要为了去除注入外壳，可应用使用氢气/氧气等离子体的步骤 232。当然在使用任何等离子体的情况下，如上所述可容易出现注入外壳和大量光阻剂的同时去除。

参见图 1 和 2，应该明白，歧管装置（未示出）可设置在 MFC1 的上游，用于选择氢气或者烃气体流向该 MFC1。这种装置可由本领域的普通技术人员在阅读整个公开内容之后容易地实施。

如上所述详细描述了本发明，现在提取出与现有技术进行多个对比，这已在上文中加以简单描述。由于假定离子注入种的不挥发氧化物残余物将形成并且这种氧化物最多难以去除，'424 和'871 专利共同的重要关心点在于将注入外壳暴露于含氧的等离子体。相反，本发明已经通过将氧气与氢气或者烃气体结合来形成等离子体消除了这一假定，同时给出了显著的处理结果。在处理完成时，已经实践证明当与所公开内容一致地实施本发明时不挥发的氧化物残余物不重要。尽管对产生这一好结果的准确机理正在探究中，但推荐不管从注入外壳产生多少数量的不挥发氧化物残余物，
15 为了实践的目的，其将被同时去除。不管作用机理如何，本发明代表了光阻剂去除领域中的一种新的范例，尤其是存在离子注入外壳的情况。

作为另一与现有技术的比较，需要明白，没有氧气的含氢的等离子体产生低的蚀刻率。'424 专利和'871 专利教导了两步的去除处理，其中在第二步中使用氧气来获得合理的整个蚀刻率。相反，本发明的含氧等离子体已经证实即使在单个步骤的处理中也产生更好的可接受蚀刻率。即，烃/氧
25 等离子体或者氢/氧等离子体在一个步骤中有效去除注入外壳、下层大量光阻剂层和残余物。

如上所述，本发明的实施例用于从处理对象上去除工艺材料外壳，诸如离子注入光阻剂。没有卤素的等离子体利用与氧气结合的烃气体产生，
30 从而使外壳遭受等离子体。可使用甲烷作为烃气体。该等离子体也可用于去除下层未改性光阻剂和离子注入相关的残余物。同样可利用与氧气结合

的含氢气体产生，该含氢气体可以是纯氢气。使用几种技术，其将处理对象暴露于基于氢/氧的等离子体，随后暴露于基于烃/氧的等离子体。

虽然利用具有特定定向的不同组分说明了每个上述实施例，但应该明白，本发明可采用带有位于多种位置和相互定向的不同组分的各种特定配置。而且，这里所述的方法可以以不限数量的多种方式加以修改，例如通过重新排序、修改和重新结合所述各种步骤。因此，显然这里所公开的设置和相关方法可以以多种不同的配置提供，并且以不限数目的不同方式加以修改，可在不脱离本发明精神或范围的情况下以许多其他特定形式实施本发明。因此，这里的示例和方法是示例而非限制性的，本发明不局限于这里给出的细节，而至少可在所附权利要求的范围内加以修改。

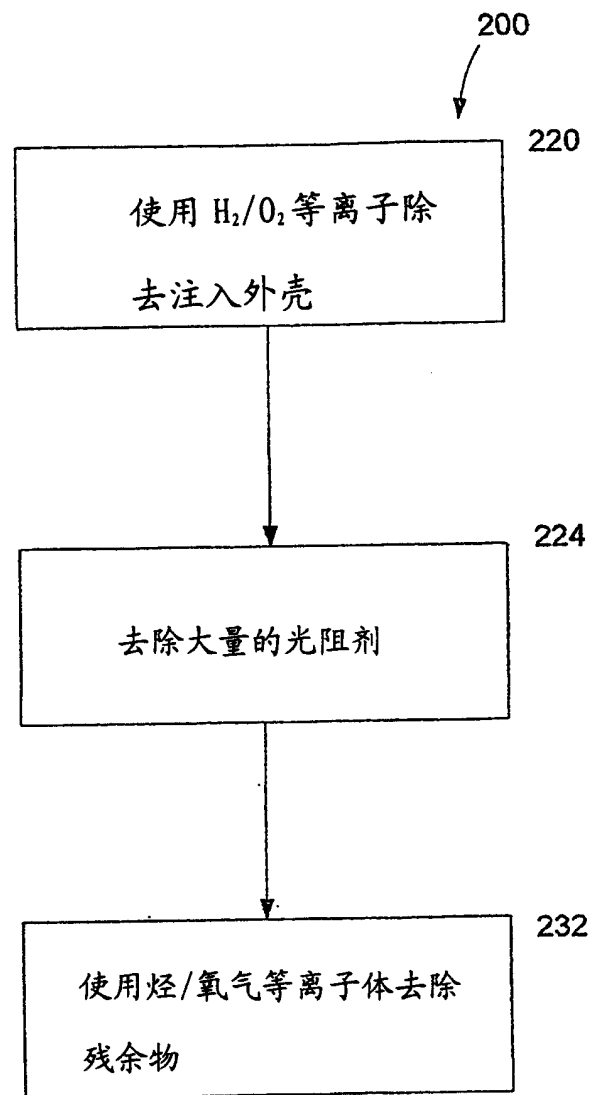


图 2

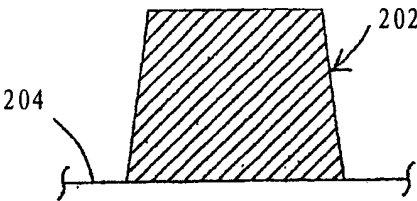


图 3

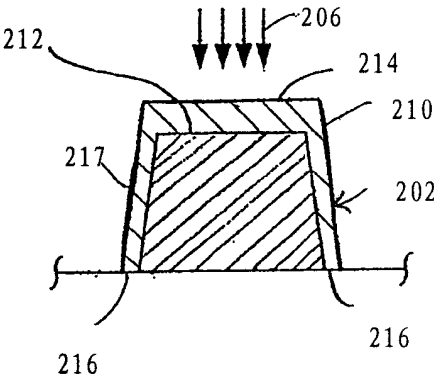


图 4

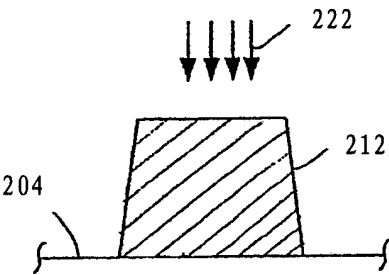


图 5

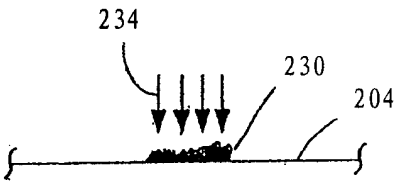


图 6