

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C23C 16/16 (2006.01)

C23C 16/458 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580010029.7

[45] 授权公告日 2009 年 11 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 100557075C

[22] 申请日 2005.2.15

[21] 申请号 200580010029.7

[30] 优先权

[32] 2004.3.31 [33] US [31] 10/814,768

[86] 国际申请 PCT/US2005/004905 2005.2.15

[87] 国际公布 WO2005/103325 英 2005.11.3

[85] 进入国家阶段日期 2006.9.28

[73] 专利权人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

共同专利权人 国际商业机器公司

[72] 发明人 中村和仁 考利·瓦吉达

恩里科·莫斯卡 格特·莱乌辛克

芬顿·R·麦克非 河野有美子

桑德拉·G·马尔霍特拉

[56] 参考文献

US20030165620A1 2003.9.4

US20030064225A1 2003.4.3

审查员 马志锋

[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 王 怡

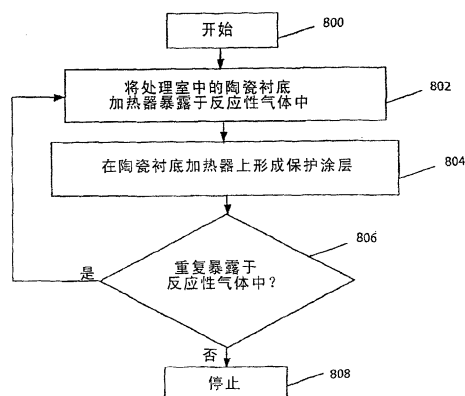
权利要求书 5 页 说明书 13 页 附图 12 页

[54] 发明名称

处理衬底的方法

[57] 摘要

本发明涉及在处理室(10)中的陶瓷衬底加热器(20, 600, 700)上处理衬底(25, 620, 720)的方法。所述方法包括:在所述处理室(10)中的所述陶瓷衬底加热器(20, 600, 700)上形成保护涂层(730, 790),并在所述经涂敷的衬底加热器上处理衬底(25, 620, 720)。所述方法可以包括将待处理的衬底(25, 620, 720)提供到所述经涂敷的陶瓷衬底加热器上,通过将所述衬底(25, 620, 720)暴露于处理气体中对所述衬底(25, 620, 720)进行处理,并将所述经处理的衬底从所述处理室(10)中取出。



1. 在处理室中的陶瓷衬底加热器上处理衬底的方法，所述方法包括：

在将衬底放置在所述衬底加热器上以前，在所述处理室中的所述陶瓷衬底加热器上形成保护涂层，包括：

(a) 将所述陶瓷衬底加热器暴露于含金属的气体中以沉积所述金属，并且

(b) 将所述陶瓷衬底加热器暴露于含至少一种含非金属的气体中以沉积所述至少一种非金属，

其中，所述保护涂层包括用于接收衬底的表面部分，并且其中，所述表面部分是非金属层或组合的金属/非金属层的其中之一；并且

在所述经涂敷的陶瓷衬底加热器上处理至少一个衬底。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其中，所述保护涂层包括组合金属/非金属层表面部分，并且 (a) 中的所述暴露与 (b) 中的暴露至少部分重叠以形成所述的组合金属/非金属层表面部分。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其中，所述的组合金属/非金属层表面部分是金属氧化物、金属硅化物、金属氮化物或金属碳化物。

4. 如权利要求 2 所述的方法，其中，所述形成步骤包括：首先，单独进行 (a) 中的暴露以在所述陶瓷衬底加热器上形成第一层所述金属，然后其次，同时进行 (b) 中的暴露和 (a) 中的暴露以在所述金属层上形成所述的组合金属/非金属表面部分。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其中，所述保护涂层包括非金属层表面部分，并且所述形成步骤包括：首先，单独进行 (a) 中的暴露以在所述陶瓷衬底加热器上形成第一层所述金属，然后其次，同时进行 (b) 中的暴露和 (a) 中的暴露以在所述金属层上形成中间的组合金属/非金属层，然后再次，单独进行 (b) 中的暴露以在所述中间的组合金属/非金属层上形成所述的非金属层表面部分。

6. 如权利要求 5 所述的方法，其中，所述中间的组合金属/非金属层是金属氧化物、金属硅化物、金属氮化物或金属碳化物，并且其中，所述非

金属层表面部分是硅或碳。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述保护涂层包括非金属层表面部分, 并且首先进行 (a) 中的所述暴露以在所述陶瓷衬底加热器上形成第一层所述金属, 其次进行 (b) 中的所述暴露以在所述第一层金属上形成所述的非金属层表面部分。

8. 如权利要求 7 所述的方法, 其中, 所述保护涂层的表面部分包括用于接收衬底的第一表面部分和当所述第一表面部分接收衬底时仍旧暴露的第二表面部分, 并且其中, 所述处理包括将所述至少一个衬底放置在所述保护涂层的所述非金属层表面部分的所述第一表面部分上, 此后, 对所述衬底进行处理, 在该处理期间, 第二层的所述金属沉积在所述非金属层表面部分的所述第二表面部分上。

9. 如权利要求 8 所述的方法, 还包括:

将所述经处理的衬底从所述处理室中取出, 并且

将所述经涂敷的陶瓷衬底加热器再次暴露于所述至少一种含非金属的气体中以在所述第二金属层上和所述非金属层表面部分的所述第一表面部分上沉积额外的非金属层。

10. 如权利要求 9 所述的方法, 还包括: 重复处理、取出和再次暴露直到已经处理了期望数目的衬底。

11. 如权利要求 7 所述的方法, 其中, 所述非金属层表面部分是硅或碳。

12. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述陶瓷衬底加热器包括至少一种选自由 AlN 、 Al_2O_3 、 SiC 和 BeO 组成的组的陶瓷。

13. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述保护涂层的所述金属包括 W、Re、Ru、Ti、Ta、Ni、Mo 或 Cr 或其中两种或更多种的组合。

14. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述含金属的气体包括至少一种选自由 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 、 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 、 $\text{Mo}(\text{CO})_6$ 、 $\text{Co}_2(\text{CO})_8$ 、 $\text{Rh}_4(\text{CO})_{12}$ 、 $\text{Re}_2(\text{CO})_{10}$ 和 $\text{Cr}(\text{CO})_6$ 组成的组的金属羰基气体。

15. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述含非金属的气体包括含硅气体、烃气体、含氧气体或含氮气体或其中两种或更多种的组合。

16. 如权利要求 1 所述的方法，其中，所述含非金属的气体包括 SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiCl_2H_2 、 Si_2Cl_6 、烷烃、烯烃、炔烃、 O_2 、 O_3 、 CO_2 、 CO 、 N_2 、 NO 、 NO_2 或 N_2O 或其中两种或更多种的组合。

17. 如权利要求 1 所述的方法，其中，所述含金属的气体包括含 Ru 气体，所述含非金属的气体包括含硅气体。

18. 如权利要求 1 所述的方法，其中，所述含金属的气体包括 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ ，所述含非金属的气体包括 SiH_4 。

19. 如权利要求 1 所述的方法，其中，(b) 中的所述暴露包括：暴露于第一含非金属的气体中的首次暴露和暴露于第二含非金属的气体中的第二次暴露。

20. 如权利要求 19 所述的方法，其中，所述含金属的气体包括 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ ，所述第一含非金属的气体包括 SiH_4 ，所述第二含非金属的气体包括 O_2 。

21. 如权利要求 19 所述的方法，其中：

所述第一含非金属的气体是含氧气体或含氮气体，所述首次暴露与 (a) 中的所述暴露同时发生或在其后顺次发生以形成组合的金属/非金属底层，所述底层是金属氮化物或金属氧化物，并且

所述第二含非金属的气体是含硅气体或含碳气体，所述第二次暴露在该首次暴露后发生以在所述组合的金属/非金属底层上形成非金属层表面部分，所述表面部分是硅或碳。

22. 如权利要求 19 所述的方法，其中，

在 (b) 中的所述暴露以前，进行 (a) 中的所述暴露以形成一层金属，

所述第一含非金属的气体是含硅气体，

所述第二含非金属的气体是含氧气体或含氮气体，并且

所述首次暴露在该第二次暴露以前发生或同时发生以在所述金属层上形成所述的非金属层表面部分，所述表面部分是氧化硅或氮化硅。

23. 如权利要求 1 所述的方法，其中，所述形成还包括将所述衬底加热器加热到 100°C 到 800°C 。

24. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述形成还包括将所述陶瓷衬底加热器加热到 300°C 到 600°C。

25. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述处理包括:

将待处理的衬底提供到所述经涂敷的陶瓷衬底加热器上;

通过将所述衬底暴露于处理气体中对所述衬底进行处理;

将所述经处理的衬底从所述处理室中取出。

26. 如权利要求 25 所述的方法, 还包括, 在所述取出以后, 在所述涂敷的陶瓷衬底加热器上形成非金属层, 并且重复所述处理至少一次。

27. 如权利要求 26 所述的方法, 其中, 所述非金属层包括 Si。

28. 如权利要求 25 所述的方法, 其中, 所述进行处理包括实施至少一种选自由 TCVD 工艺、ALD 工艺、PECVD 工艺和刻蚀工艺组成的组的工艺。

29. 如权利要求 25 所述的方法, 其中, 所述进行处理包括在所述衬底上沉积金属层。

30. 如权利要求 1 所述的方法, 还包括, 重复所述形成和处理而不清洁所述衬底加热器。

31. 如权利要求 1 所述的方法, 还包括, 清洁所述衬底加热器并重复所述形成和处理。

32. 在处理室中的陶瓷衬底加热器上处理衬底的方法, 所述方法包括:

在所述处理室中的所述陶瓷衬底加热器上形成 Si/Ru 保护涂层, 包括:

将所述陶瓷衬底加热器暴露于 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 中以在所述陶瓷衬底加热器上沉积 Ru 层, 和

此后, 将所述陶瓷衬底加热器暴露于 SiH_4 中以在所述 Ru 层上沉积 Si 层; 并且

在所述经涂敷的陶瓷衬底加热器上处理至少一个衬底, 包括:

将待处理的衬底提供到所述经涂敷的陶瓷衬底加热器上,

通过将所述衬底暴露于 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 中对所述衬底进行 Ru 沉积处理; 和

将所述经处理的衬底从所述处理室中取出。

33. 如权利要求 23 所述的方法，其中，所述陶瓷衬底加热器暴露于所述 SiH_4 的操作与暴露与所述 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 的操作部分地重叠以形成中间的 Ru 硅化物层。

34. 如权利要求 23 所述的方法，还包括，在所述取出以后，在所述保护涂层上形成 Si 层，并重复所述处理至少一次。

处理衬底的方法

技术领域

本发明涉及室处理，更具体地，涉及一种用于在处理室中处理衬底的方法，该处理室具有支撑衬底的陶瓷衬底加热器。

背景技术

许多半导体加工工艺在处理室中进行，例如，等离子体刻蚀室、等离子体沉积室、热处理室、化学气相沉积室、原子层沉积室等。这些处理室通常使用陶瓷衬底加热器来支撑衬底（例如，晶圆）并提供衬底热量。一般而言，陶瓷衬底加热器提供优良的性能，例如，低热膨胀性、耐高温、低介电常数、硬度和尺寸稳定性，这些性能使它们成为用于许多半导体应用的优选材料。陶瓷衬底加热器通常由与玻璃或玻璃料的粉末组合的金属氧化物或氮化物组成。改变这些材料的混合使物理性质变化。混合物通过流延、粉末挤压、粉末轧制或挤出形成所希望的形状，然后将其烧结形成硬晶体结构。

用在陶瓷衬底加热器中的普通陶瓷材料包括矾土（ Al_2O_3 ）、氮化铝（ AlN ）、碳化硅（ SiC ）和氧化铍（ BeO ）。由于良好的可得性、相对低的成本和稳定的物理性质，矾土是最广泛采用的陶瓷材料。它易于加工形成各种形状同时高温下保持坚固，并可以以各种纯度水平得到。氧化铍具有最高的导热性并具有一些应用所需的优异介电强度，但是仅可得到小尺寸的氧化铍，并且当处理有毒的氧化铍粉末时需要注意安全。碳化硅也是高导热的，它提供氮化铝和氧化铍的替代物，但当选择碳化硅材料时必须小心谨慎，因为随着温度的增加，介电强度可以改变。

氮化铝具有高导热性，这使当需要快速响应或高水平的温度均匀性时它是一个极好的选择，但由于高温烘烤需求和材料费用，所以它的加工很昂贵。氮化铝衬底加热器是化学上“清洁的”衬底，该化学上“清洁的”

衬底满足半导体、医药和其它非常苛刻应用所需的非常干净的空间环境要求。而且，用在半导体处理中的氮化铝衬底的特征为：快速加热、易于控制温度和优异的耐等离子体性。

在处理系统的处理室中的衬底的处理可以导致在暴露于处理环境的系统组件上形成材料涂层。例如，会在陶瓷衬底加热器未被衬底覆盖的区域上形成涂层。陶瓷衬底加热器的部分涂层可以导致加热器表面的（热）发散度变化，并可以造成陶瓷衬底加热器中的温度不均匀和热应力（thermal stressing）。热应力可以导致不可修复的机械损伤，例如，陶瓷加热器材料的破裂。另外，衬底与衬底加热器或与衬底加热器上的材料涂层接触可以造成衬底的背部污染。例如，在硅器件中的铜扩散是公知的背部污染问题，但是，其它金属（例如，钌（Ru））也可以在适中温度下和偏置条件下在硅中快速扩散。本发明人已经认识到，需要改进方法以减少或抑制上述与处理衬底期间在陶瓷衬底加热器上材料涂层的形成相关的问题，同时确保满足处理半导体衬底的严格要求。

发明内容

本发明提供了一种在具有陶瓷衬底加热器的处理室中处理一个或更多个衬底的方法，所述方法包括：在陶瓷衬底加热器上形成保护涂层，并处理支撑在经涂敷陶瓷衬底加热器上的衬底。处理可以包括：将待处理的衬底提供到经涂敷的陶瓷衬底加热器上，对衬底进行处理并将经处理的衬底从处理室中取出。保护涂层包括表面部分，该表面部分是非金属层或组合金属/非金属层，并且该表面部分减少或消除对放置在该表面上的衬底的背部污染。在示例性的实施方案中，保护涂层是 Si/Ru 涂层，该涂层包括在陶瓷衬底加热器上形成的 Ru 层和在 Ru 层上的 Si 层。

附图说明

以下附图中：

图 1—5 表示用于进行本发明方法的处理系统的示意图；

图 6A-6G 示意性地表示在处理衬底期间陶瓷衬底加热器的横截面图；

图 7A-7K 示意性地表示在根据本发明的实施方案处理衬底期间陶瓷衬底加热器的横截面图；

图 8 是表示根据本发明的实施方案在陶瓷衬底加热器上形成保护涂层的方法的流程图；

图 9 是表示根据本发明的实施方案在陶瓷衬底加热器上形成保护涂层并处理衬底的方法的流程图；和

图 10 是表示根据本发明的实施方案在陶瓷衬底加热器上形成保护涂层并处理衬底的方法的流程图。

具体实施方式

如以上发明部分的背景技术中所指出的，衬底与衬底加热器或与在衬底加热器上的材料涂层接触可以导致衬底的背部污染。而且，在处理衬底期间在陶瓷衬底加热器上形成部分涂层可以导致在陶瓷衬底加热器和上面的衬底中的温度分布不均。而且，陶瓷衬底加热器中的温度不均匀可以导致对加热器的机械损伤，例如，陶瓷材料破裂。然而，解决这些问题的处理方法未见报道，这可能由于很难实现新的方法既用于保护陶瓷衬底加热器同时确保满足半导体处理要求，例如，避免与陶瓷衬底加热器接触的衬底的背部污染（背部污染）。

因此，本发明人已经进行实验分析在陶瓷衬底加热器表面上形成保护涂层以改善陶瓷衬底加热器的温度均匀性并将衬底与保护涂层接触以减少衬底的背部污染的方法。由于这些实验和分析，本发明人已经发现，在陶瓷加热器表面形成保护涂层为保护其后在处理室中的处理衬底期间的陶瓷衬底加热器同时确保满足半导体处理要求提供了灵活的机制。在本发明中，保护涂层指在陶瓷衬底加热器上的涂层，其中，该涂层包括一层或更多层不同材料，并至少包括衬底放置在其上的表面部分，该表面部分是非金属层或组合金属/非金属层。例如，Si/Ru 保护层具有在 Ru 层顶部的 Si 层（非金属）。非金属层是没有金属的任意层。硅层和碳层是非金属层的实例。邻近衬底处没有金属将保护衬底免于背部污染。底层 Ru 金属层提供温度均匀性以进一步保护加热器免于破损。组合金属/非金属层指如金属

氧化物、金属氮化物、金属硅化物等的层。这些组合层可以通过以下步骤形成：首先形成金属层，此后通过将金属与非金属反应（例如，氧化、氮化等）转化该金属层。可替换地，这些组合层可以通过以下步骤形成：在金属和含非金属沉积在衬底加热器上以前或同时，将衬底加热器同时暴露于含金属的气体 and 含非金属的气体中以将金属和非金属反应。

当存在时，组合金属/非金属层可以仅构成保护涂层的表面部分或者可以构成全部保护涂层（包括表面部分）。可替换地，在本发明的另一示例性的实施方案中，组合金属/非金属层可以是在金属底层和非金属表面部分之间的中间层，或可以是在陶瓷衬底加热器上形成的底层并且非金属层的表面部分在该底层上形成。在本发明的另一实施方案中，保护涂层不包括组合金属/非金属层，但包括至少金属层和非金属层的表面部分。

现在参考附图，图 1 表示本发明的方法可以进行于其中的处理系统。处理系统 1 包括具有基架 5 的处理室 10（该基架用于安装支撑和加热衬底 25 的衬底加热器 20）、用于将气体 15 引入处理室 10 的气体注射系统 40 和真空抽气系统 50。气体 15 例如可以是用于在衬底加热器 20 上形成保护涂层的反应气体，或可以是用于处理由衬底加热器 20 支撑的衬底 25 的处理气体。气体注射系统 40 独立控制气体 15 从异地气源（未示出）向处理室的输送。气体可以通过气体注射系统 40 引入处理室 10，并调整处理压力。例如，控制器 55 用于控制真空抽气系统 50 和气体注射系统 40。

衬底 25 可以经机械转移系统 100 通过缝隙阀（slot valve，未示出）和室进入-穿出通道（未示出）转移入和转移出室 10，其中，该衬底由设置在衬底加热器 20 中的衬底顶杆（未示出）接收，并由设置在衬底加热器 20 中的装置机械转移。一旦从衬底转移系统接收了衬底 25，将衬底降低到衬底加热器 20 的上表面。衬底 25 可以通过衬底加热器 20 中的凹槽或通过中心环（未示出）定中心。而且，衬底 25 可以机械或静电夹到衬底加热器 20 上（未示出）。

而且，衬底加热器 20 还可包括冷却系统，该冷却系统包括从衬底加热器 20 接收热量并将热量转移到热交换系统（未示出）的再循环冷却液流。而且，气体（例如，He）可以被传送到衬底的背面以改善衬底 25 和

衬底加热器 20 之间的气隙热传导。当需要在高温或低温下控制衬底的温度时，使用这个系统。

衬底加热器可以是包括加热元件 30 的陶瓷衬底加热器。加热元件 30 可以是例如电阻加热元件。陶瓷衬底加热器材料可以例如包括 Al_2O_3 、 AlN 、 SiC 或 BeO 或其中两种或更多种的组合。

继续参考图 1，气体 15 从气体注射系统 40 引入处理区 60。气体 15 可以通过气体注射高压系统（gas injection plenum，未示出）、一系列挡板（未示出）和多孔喷淋头气体注射板 65 引入处理区 60。在本发明的一个实施方案中，可以配置气体注射系统 40 以促进用于原子层沉积（ALD）工艺的气体的快速循环。真空抽气系统 50 可以包括抽气速率能够高达 5000 l/s（和更高）的涡轮分子泵（TMP）和用于节流室压的闸式阀。TMP 可用于低压处理，通常低于 50 mTorr。对于高压处理（例如，高于 100 mTorr），可以使用机械增压泵和干低真空泵。

控制器 55 包括微处理器、存储器和数字 I/O 端口，该控制器能够产生足以传送并启动处理系统 1 的输入以及监测处理系统 1 的输出的控制电压。而且，控制器 55 与处理室 10、气体注射系统 40、加热元件 30、衬底转移系统 100 和真空抽气系统 50 相耦合，并与它们交换信息。例如，存储在存储器中的程序用来根据所存储的制程配方控制处理系统 1 的前述组件。一个控制器 500 的例子是可得自克萨斯州达拉斯 Texas Instrument，型号 TMS320 的数字信号处理器（DSP）。

在图 1 所示的实施方案中，处理系统 1 可以例如用于进行热处理，例如热化学气相沉积（TCVD）工艺或 ALD 工艺。

图 2 表示用于进行本发明的方法的可替换的处理系统 1。图 2 中，处理系统 1 能够在处理室 10 中形成并维持等离子体。等离子体处理系统 1 可以例如用于进行等离子体增强化学气相沉积工艺（PECVD）或等离子体刻蚀工艺。在图 2 所示的实施方案中，衬底加热器 20 还可以用作电极，通过该电极，射频（RF）功率耦合到处理区 60 中的等离子体上。例如，经由阻抗匹配网络 35 将 RF 功率从 RF 发生器 45 传送到衬底加热器 20，可以将衬底加热器中的金属电极（未示出）在 RF 电压处电偏置。RF 偏置用

作激活电子，并从而形成和维持等离子体。在这个配置中，等离子体用于将材料沉积到衬底 25 上（即，处理系统 1 可以作为 PECVD 反应器）或用于从衬底 25 的暴露表面上除去材料（即，处理系统 1 可以作为反应性离子刻蚀（RIE）反应器）。RF 偏置的典型频率为 1 MHz 到 100 MHz，并可以为 13.56 MHz。

在可替换的实施方案中，RF 功率可以在多种频率下应用到衬底加热器 20 上。而且，阻抗匹配网络 35 通过最小化反射功率将在处理室 10 中的 RF 功率向等离子体的传递最大化。匹配网络拓扑结构（例如，L-型、 π -型、T-型）和自动控制方法是本领域中已知的。图 2 中，控制器 55 与处理室 10、RF 发生器 45、阻抗匹配网络 35、气体注射系统 40、衬底转移系统 100 和真空抽气系统 50 相耦合，并与它们交换信息。

图 3 表示用于进行本发明的方法的另一可替换的处理系统 1。图 3 的处理系统 1 除了图 2 中所描述的那些组件以外，还包括机械或电子旋转的 DC 磁场系统 70 以潜在地增加等离子密度和/或改善等离子处理的均匀性。而且，控制器 55 耦合到旋转磁场系统 70 上以调节旋转速度和场强。

图 4 表示用于进行本发明的方法的另一可替换的等离子体处理系统 1。图 4 的处理系统 1 包括多孔喷淋头气体注射板 65，该注射板还可以用作上部板电极，RF 功率从 RF 发生器 80 经由阻抗匹配网络 75 耦合到该板电极上。用于将 RF 功率应用到上部电极的典型频率为 10 MHz 到 200 MHz，并可以为 60 MHz。另外，用于将电功率应用到下部电极的典型频率为 0.1 MHz 到 30 MHz，并可以为 2 MHz。而且，控制器 55 耦合到 RF 发生器 80 和阻抗匹配网络 75 上以控制 RF 功率对上部电极 65 的应用。

在本发明的一个实施方案中，图 4 中的衬底加热器可以电接地。在可替换的实施方案中，DC 偏置可以应用到衬底加热器 20 上。在另一实施方案中，衬底加热器 20 可以与等离子体处理系统 1 电绝缘。在这个方案中，当等离子体开启时，可以在衬底加热器 20 和衬底 25 上形成浮动电位。

图 5 表示用于进行本发明的方法的另一处理系统 1。改进图 2 的处理系统 1 以便进一步包括感应线圈 95，来自 RF 发生器 85 的 RF 功率通过阻

抗匹配网络 90 耦合到该感应线圈上。RF 功率从感应线圈 95 通过介电窗（未示出）耦合到处理区 60。用于将 RF 功率应用到感应线圈 80 的典型频率为 10 MHz 到 100 MHz，并可以是 13.56 MHz。类似地，用于将电功率应用到感应线圈 95 的典型频率为 10 MHz 到 100 MHz，并可以是 13.56 MHz。另外，可以用槽形法拉第屏蔽（未示出）来降低感应线圈 95 和等离子体之间的电容耦合。而且，控制器 55 耦合到 RF 发生器 85 和阻抗匹配网络 90 上以控制电功率对感应线圈 95 的应用。

在另一实施方案中，等离子体利用电子回旋共振（ECR）形成。在另一实施方案中，等离子体由发射螺旋波形成。在另一实施方案中，等离子体由传播表面波形成。

在本发明的一个实施方案中，衬底加热器 20 可以电接地。在可替换的实施方案中，DC 偏置可以应用到衬底加热器 20 上。在另一实施方案中，衬底加热器 20 可以与等离子体处理系统 1 电绝缘。在这个方案中，当等离子体开启时，可以在衬底加热器 20 和衬底 25 上形成浮动电位。

应理解到图 1—5 中的处理系统仅仅是为了示例性的目的，由于特定硬件和软件的许多变化形式都可以用于执行、实施本发明的方法，这些变化形式对本领域技术人员来说是显而易见的。

在本发明的一个实施方案中，在图 1—5 所示的实例性处理系统中的衬底处理可以在处理室中的系统组件上形成涂层。如果在处理系统中进行多次处理，则涂层可以包含一种或更多种类型的材料。例如，涂层可以包括在 TCVD 或 PECVD 工艺期间沉积的金属层，该金属层包括钨（W）、铼（Re）、Ru、钛（Ti）或钽（Ta）或其两种或更多种的任意组合。

图 6A—6G 示意性地表示在处理衬底期间陶瓷衬底加热器的横截面图。图 6A 表示存在于陶瓷衬底加热器 600 上的衬底 620，该陶瓷衬底加热器由基架 610 支撑。例如，如图 1—5 中所示，衬底 620 可以通过衬底转移系统转移到和移出处理系统中的陶瓷衬底加热器 600。图 6B 是图 6A 的部分 660 的放大图。衬底 620 可以例如是任何尺寸的半导体晶圆，包括 200 mm 衬底、300 mm 衬底或甚至更大的衬底。图 6C 表示在处理衬底 620 期间在衬底 620 上和陶瓷衬底加热器 600 上形成的材料涂层 630。图 6D

是图 6C 的部分 670 的放大图。处理衬底 620 可以例如包括半导体制造工艺，该半导体制造工艺包括热处理（例如，TCVD 或 ALD）和等离子体处理（例如，PECVD 或刻蚀工艺）的其中至少一种。材料涂层 630 可以包含单一材料，或可替换地，如果在处理室中进行多次处理，则它可以包括多种材料。而且，在陶瓷衬底加热器 600 上和衬底 620 上的材料涂层 630 的厚度可以基本上是均匀的，或可替换地，在陶瓷衬底加热器 600 和在衬底 620 上的材料涂层 630 的厚度可以变化。在一个例子中，涂层 630 可以是通过 TCVD 工艺沉积的金属膜，例如，在 420℃ 的衬底温度下利用 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体沉积的 Ru 膜。

图 6E 表示部分涂敷的陶瓷衬底加热器 600。在图 6E 中，在图 6D 中的处理衬底 620 后，衬底 620 已经从陶瓷衬底加热器 600 取出，这显现出未经涂敷的表面 690。涂层 630 覆盖在处理衬底 620 期间暴露于处理环境中的衬底加热器 600 的部分。图 6F 表示图 6E 的部分 680 的放大图。本发明人已经观察到如图 6A—6F 所描述处理衬底 620 可以导致图 6G 中所示的衬底加热器 600 的机械故障，其中，陶瓷衬底加热器 600 已经出现裂纹 640，该裂纹可以起源于点 650（在此处，陶瓷衬底加热器 600 由基架 610 支撑）并贯穿陶瓷衬底加热器 600 的主体到表面 690。

如图 6F 示意性地表示，与从陶瓷衬底加热器 600 的未涂敷区域（例如，表面 690）的发射量（E，单位面积发射的辐射通量）相比，陶瓷衬底加热器 600 上存在不连续涂层 630 可以降低从陶瓷衬底加热器 600 的包括涂层 630 的区域的发射量。本发明人认为如图 6G 所示陶瓷衬底加热器 600 的机械故障源于陶瓷衬底加热器 600 的热量不均匀和热应力（由于陶瓷衬底加热器 600 的部分涂覆）。

衬底 620 与陶瓷衬底加热器 600 的材料直接接触可以导致衬底 620 的背部污染。另外，除了由衬底架 600 的材料可能造成污染以外，衬底加热器 600 上的下一个待处理衬底的外部边缘可以与涂层 630 接触并导致由涂层 630 污染衬底。

在本发明中，与陶瓷衬底加热器接触的衬底的背部污染可以通过以下方法来减少：在将衬底与衬底加热器接触以前，在衬底加热器上形成保护

涂层。为了减少背部污染，在与衬底接触的表面上，保护涂层可以包含非金属层。非金属层通过将衬底加热器暴露于含非金属的气体中形成。在一个例子中，保护涂层可以包含在衬底加热器上形成的金属层（例如，Ru）和在金属层上形成的非金属表面层（例如，Si、SiO₂、SiN）。因此，在处理期间，衬底（例如，Si 晶圆）与非金属表面层接触并且减少了背部污染。金属层通过将衬底加热器暴露于含金属的气体中形成，该金属层改善了处理衬底期间的温度分布并进一步保护了衬底加热器材料。在这个实施方案中，保护涂层可以通过依次将衬底加热器暴露于含金属的气体，然后暴露于含非金属的气体中形成。另外，含非金属的气体可以包括一种或更多种以下气体，例如，含硅气体、含氧气体、含氮气体和/或含碳气体，这些气体可以同时或依次引入。例如，SiO₂ 层可以通过以下步骤形成：首先将衬底加热器暴露于含硅气体中以沉积硅，然后暴露于含氧气体中，使氧与硅反应形成 SiO₂。

可替换地，为了减少背部污染，在与衬底接触的表面上，保护涂层可以包含组合金属/非金属层。在一个例子中，保护涂层可以仅包含单独的或者在金属层上形成的金属氧化物（例如，Ru₂O₃）、金属氮化物（例如，TiN）、金属碳化物（例如，WC）或金属硅化物（例如，TaSi₃）层。例如，保护层可以包括在衬底上形成的 Ru 层和在 Ru 层上形成的 Ru₂O₃ 层。组合金属/非金属层可以通过以下步骤形成：首先将衬底加热器暴露于含金属的气体中以沉积金属，然后将沉积的金属暴露于非金属气体中，使非金属与金属反应，从而将沉积的金属转化成金属/非金属层。可替换地，衬底加热器可以同时暴露于含金属的气体 and 含非金属的气体中形成组合层。

在另一可替换的实施方案中，保护涂层可以包含在衬底加热器上形成的金属层，在金属层上形成的组合金属/非金属层和在组合层上形成的非金属层。

图 7A-7I 示意性地表示根据本发明的实施方案的陶瓷衬底加热器的横截面图。图 7A 表示由基架 710 支撑的陶瓷衬底加热器。图 7B 表示具有保护涂层 730 的陶瓷衬底加热器 700，该保护涂层 730 根据本发明的实施方案沉积在陶瓷衬底加热器 700 上。图 7C 表示图 7B 的部分 750 的放大

图。如上述，保护层 730 可以通过以下步骤形成：同时或依次将反应性气体流入处理室，并在 TCVD 工艺或 PECVD 工艺中将陶瓷衬底加热器暴露于这些气体中。

在本发明的一个实施方案中，保护层 730 可以包含金属层或金属/非金属层。该金属可以例如是 W、Re、Ru、Ti、Ta、镍 (Ni)、钼 (Mo) 和铬 (Cr) 的其中至少一种。金属/非金属层还可以包含非金属元素，例如硅 (Si)、碳 (C)、氧 (O) 和氮 (N)。在本发明的另一实施方案中，保护层 730 可以包含非金属层。非金属层可以是例如 Si、C、氧化硅或氮化硅的其中至少一种。在示例性的实施方案中，如图 7B 的部分 750 的放大图如图 7D 所示，保护层 730 包括在衬底加热器 700 上形成金属层 730a (例如，Ru 层) 和在金属层 730a 上形成的非金属层 730b (例如，Si 层)。

在本发明的一个实施方案中，反应性气体可以包括含金属的气体，例如选自 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 、 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 、 $\text{Mo}(\text{CO})_6$ 、 $\text{Co}_2(\text{CO})_8$ 、 $\text{Rh}_4(\text{CO})_{12}$ 、 $\text{Re}_2(\text{CO})_{10}$ 、 $\text{Cr}(\text{CO})_6$ 和其任意组合的金属羰基气体。可替换地，反应性气体可以包含金属卤化物气体。反应性气体还可以包括含硅气体 (例如，硅烷 (SiH_4)、乙硅烷 (Si_2H_6)、二氯硅烷 (SiCl_2H_2) 和六氯乙硅烷 (Si_2Cl_6) 或其组合)、烃气体 (例如，烷烃 ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$)、烯烃 (C_nH_{2n}) 或炔烃 ($\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$) 或其组合)、含氧气体 (包括 O_2 、 O_3 、 CO_2 或 CO 或其组合) 和含氮气体 (包括 N_2 、 NO 、 NO_2 或 N_2O 和其组合)。而且，反应性气体可以包含选自 He、Ne、Ar、Kr 和 Xe 和其组合的惰性气体。

保护层可以通过以下步骤形成：将衬底加热器加热到约 100°C 到约 800°C ，并将衬底加热器暴露于反应性气体中。可替换地，陶瓷衬底加热器可以被加热到约 300°C 到约 600°C 。

图 7E 表示存在于经涂敷的陶瓷衬底加热器 700 上的衬底 720。图 7F 是图 7E 的部分 760 的放大图。图 7G 表示在处理衬底 720 期间在保护层 730 上和衬底 720 上形成的涂层 740。涂层 740 可以是金属膜，例如一种或更多种包含在涂层 730 中的相同金属的膜。图 7H 表示图 7G 中的部分 770 的放大图。衬底 720 的处理可以是半导体制造工艺 (例如，TCVD 工

艺、PECVD 工艺或 ALD 工艺) 并可以包含依次操作的两种或更多种这些工艺。图 7I 表示在取出经处理的衬底 720 后, 经涂敷的陶瓷衬底加热器 700。图 7J 表示图 7I 中的部分 780 的放大图。经涂敷的陶瓷衬底加热器 700 包含在用于支撑衬底 720 的表面上保护涂层 730 和在未用于支撑衬底 720 的陶瓷衬底加热器 700 的部分(即, 当衬底 720 放置在衬底加热器 700 上时, 仍旧暴露的表面部分) 上的涂层 730 和 740。接着, 其它衬底可以在相同的保护涂层上处理。可替换地, 如图 7K 所描述, 可以在涂层 730 和 740 上形成新的保护涂层 790, 该图 7K 是图 7I 在涂敷新的保护涂层 790 以后的放大图。在进行清洁工艺以除去初始保护涂层 730 和叠加的 740 和 790 层以前, 衬底的处理和之后再形成新的保护涂层可以重复期望次数以处理多个衬底。可替换地, 在干净的陶瓷衬底加热器 700 上形成新保护涂层 730 以前, 可以实施清洁工艺以除去涂层 730 和 740。

新的保护涂层 790 可以具有与先前保护涂层相同的组成, 或可替换地, 新的涂层 790 可以具有不同的组成。在一个例子中, 如图 7D 所示, Si/Ru 保护涂层 730 可以在衬底加热器 700 上形成, 结果保护涂层具有第一金属(Ru)层 730a 和非金属(Si)层表面部分 730b, 接着处理至少一个衬底 720, 其中, 第二金属层(例如, Ru)可以在衬底在衬底 720 上和沉积在保护涂层 730 的表面部分 730b 的未由衬底 720 遮蔽的区域上。在处理下一个衬底以前, 新的非金属层 790(例如, Si 层)可以沉积在经涂敷的衬底加热器上。具体地, 新的非金属层 790 沉积在金属层(在处理衬底期间在表面部分 730b 的暴露区域上形成)上和沉积在由衬底遮蔽的表面部分 730b 上。因此, 下一个衬底与新的非金属(例如, Si)层 790 接触, 从而减少背部污染。可替换地, 新的 Si/Ru 保护涂层 790 可以沉积在经涂敷的衬底加热器上。

图 8 是表示根据本发明的实施方案在陶瓷衬底加热器上形成保护涂层的方法的流程图。在 800, 工艺开始。在 802, 处理室中的陶瓷衬底加热器暴露于反应性气体中。在 804, 保护涂层由反应性气体在陶瓷衬底加热器上形成。在 806, 决定是否回到 802 并将陶瓷衬底加热器暴露于反应性气体中, 或者如果在陶瓷衬底加热器上已形成了期望的保护涂层, 则在

808 停止工艺。如果在 808 决定回到 802，则反应性气体可以与先前暴露步骤中的气体相同，或可替换地，反应性气体可以是不同的气体。

图 9 是表示根据本发明的实施方案在陶瓷衬底加热器上形成保护涂层并处理衬底的方法的流程图。例如，该处理可以通过图 1-5 中所示的其中一个处理系统进行的半导体制造工艺。在 900，工艺开始。在 902，保护涂层在处理室中的陶瓷衬底加热器上形成。保护涂层可以如图 8 所述而形成。在 904，将待处理的衬底提供到经涂敷的陶瓷衬底加热器上。在 906，通过将衬底暴露于处理气体中，对衬底进行处理，在 908，将经处理的衬底从处理室中取出。在 910，决定是否处理另一衬底并回到 904 或者在 912 停止处理。

图 10 是表示根据本发明的实施方案在陶瓷衬底加热器上形成保护涂层并处理衬底的方法的流程图。在 1000，工艺开始。在 1002，保护涂层在处理室中的陶瓷衬底加热器上形成。保护涂层可以如图 8 所述而形成。在 1004，将至少一个衬底在经涂敷的陶瓷衬底加热器上处理。衬底可以如图 9 所述而处理。在 1006，决定是否回到 1002 并形成新的保护涂层而不需清洁衬底加热器，或者清洁衬底加热器的保护涂层（和由处理衬底而形成的任意其它涂层），随后在衬底加热器上形成新的保护涂层。新的保护涂层可以包含与底层涂层相同的材料，或可替换地，它可以包含不同的材料。在 1008，决定是否处理另一衬底并回到 1002，或者在 1010 停止处理。

在本发明的一个例子中，Si 晶圆的金属污染通过比较 Si/Ru 保护涂层和 Ru 涂层来检测。Ru 涂层通过将衬底加热器在 420℃下暴露于 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 中在 AlN 衬底加热器上形成。Ru 涂层的厚度为约 840 埃（Å）。接着，将 300 mm 的 Si 晶圆提供在经 Ru 涂敷的 AlN 衬底加热器上。Si 晶圆的抛光面与经涂敷的衬底加热器接触。接着从经涂敷的衬底加热器取出 Si 晶圆，利用全反射 X-射线荧光（TXRF）测量的在 Si 晶圆抛光面上的 Ru 污染为 2.4×10^{12} 原子/cm²。

Si/Ru 保护涂层通过以下步骤在 AlN 衬底加热器上形成：首先如以上例子所述，将 Ru 涂层沉积在加热器上，接着将 Si 层沉积在 Ru 涂层上。Si

层通过将 Ru 涂层在 550℃ 的加热器温度下暴露于硅烷 (SiH_4) 中沉积。接着, 将 300 mm 的 Si 晶圆提供在 Si/Ru 涂层上。接着从经涂敷的衬底加热器上取出 Si 晶圆, 测量在 Si 晶圆抛光面上的 Ru 污染, 其低于 TXRF 仪器的检测极限 (4.6×10^{10} 原子/ cm^2)。

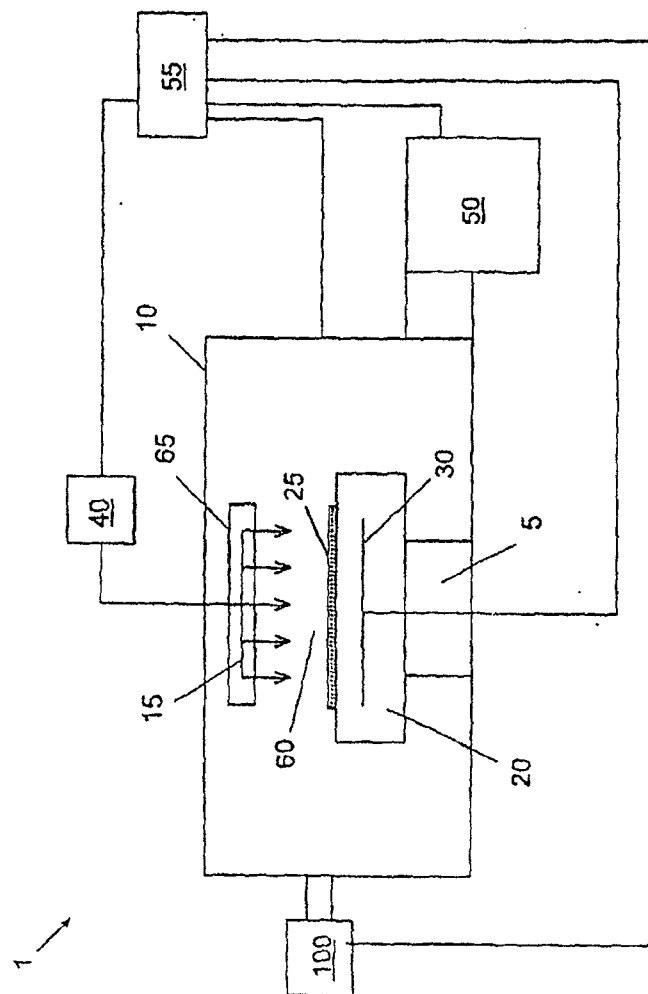
在本发明的另一实施方案中, Si/Ru 涂层 $(\text{Si/Ru})_n$ 可以通过依次将衬底加热器暴露于 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 和 SiH_4 中 n 次来沉积, 其中, $n > 1$ 。

在本发明的另一实施方案中, Si/Ru 涂层可以暴露于含氧气体 (例如, O_2) 中以氧化 Si 层。

在本发明的另一实施方案中, 含 Ru 保护涂层可以通过依次将衬底加热器暴露于 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 、 SiH_4 和 O_2 中而在陶瓷衬底加热器上沉积。

在本发明的实施方案中, 包含 Si/Ru 保护涂层的陶瓷衬底加热器可以用于支撑衬底。衬底可以通过将 Ru 层在约 420℃ 的温度下沉积在衬底上来处理。在处理至少一个衬底以后, 新的 Si 层可以在处理下一个衬底以前沉淀在经涂敷的衬底加热器上。新的保护涂层可以例如在与用于沉积 Ru 层相同的处理温度下沉积。

显而易见, 根据上述教导可以对本发明进行各种修改和变化。因此, 要理解到, 在所附权利要求的范围内, 本发明可以不按这里具体所述的来实施。



1
圖

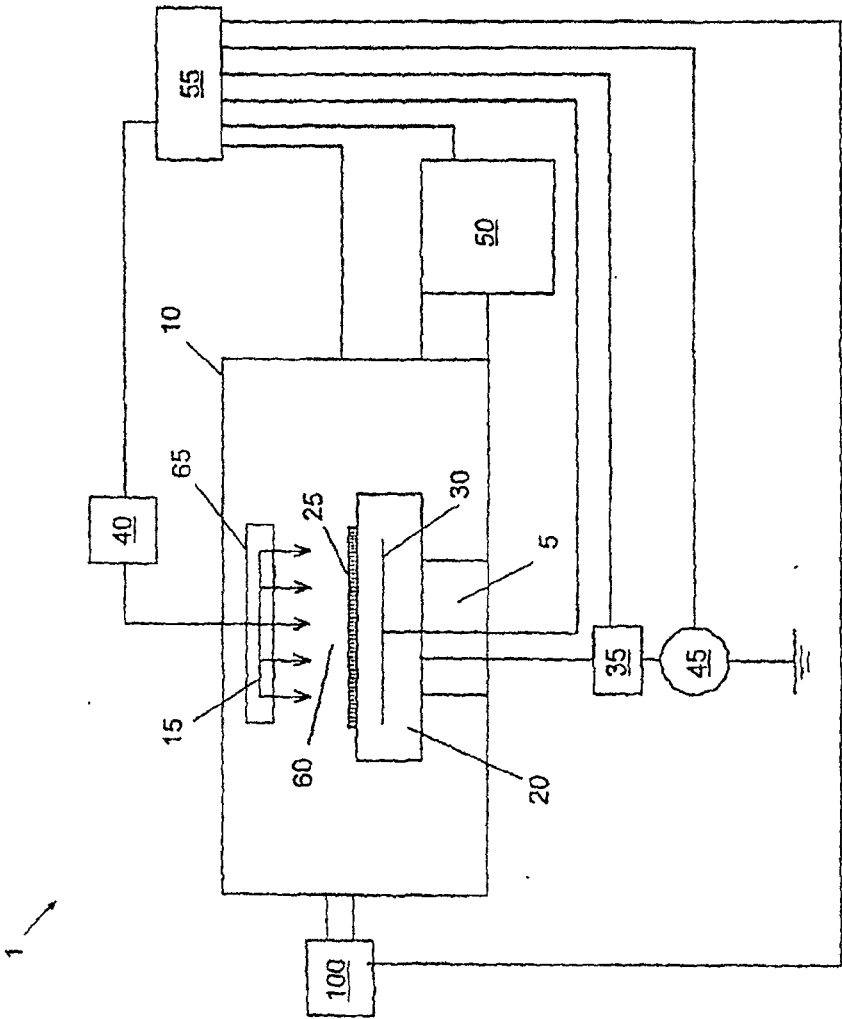


图2

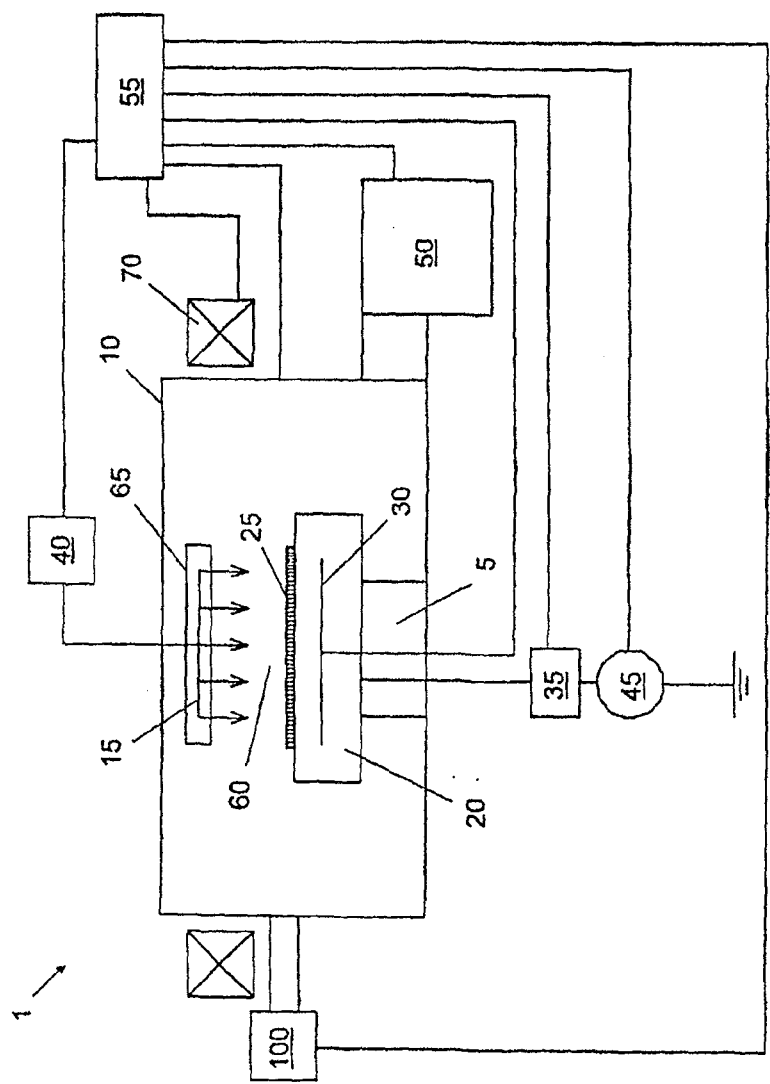


图3

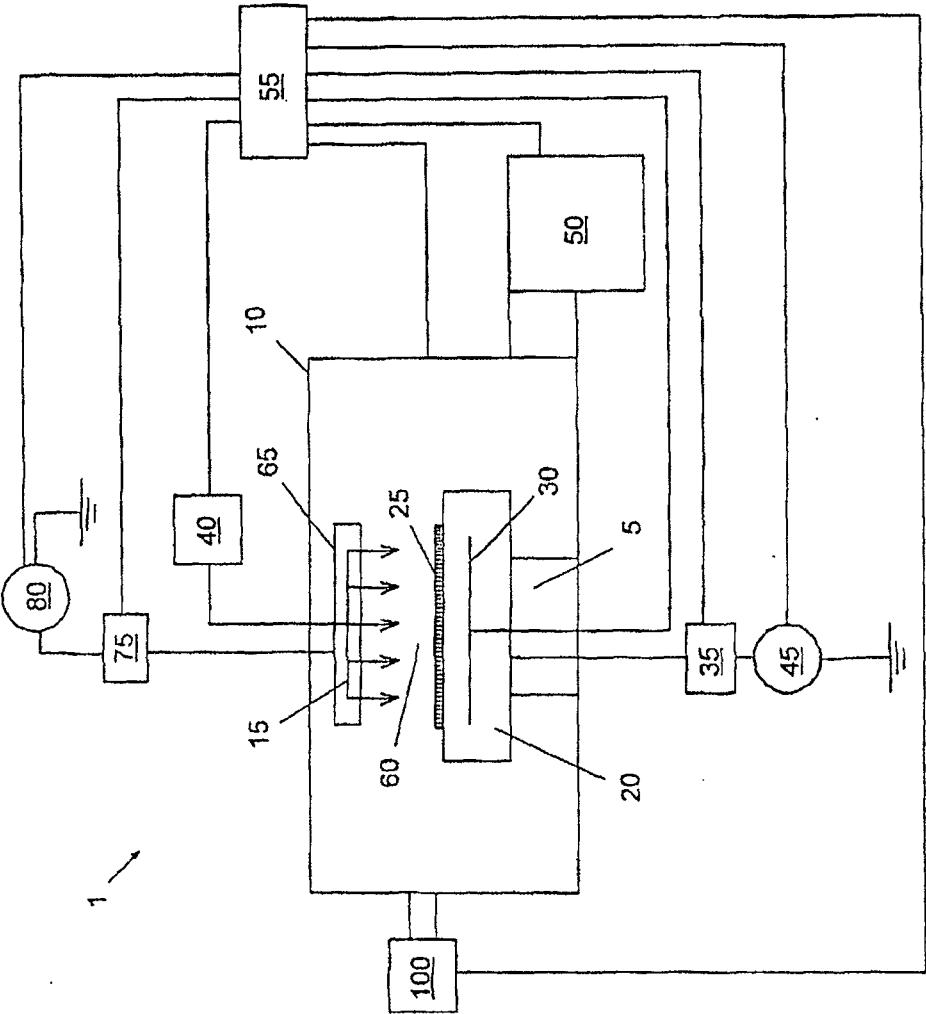


图4

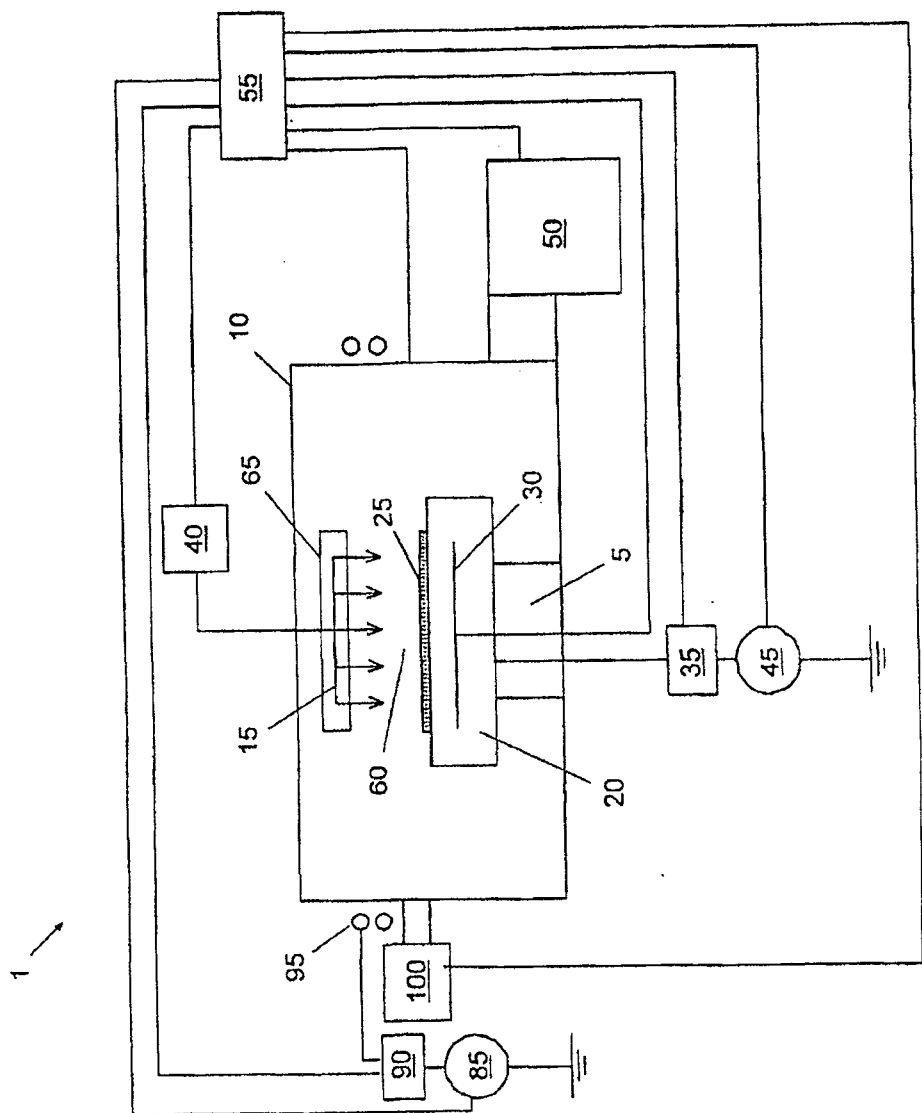


图5

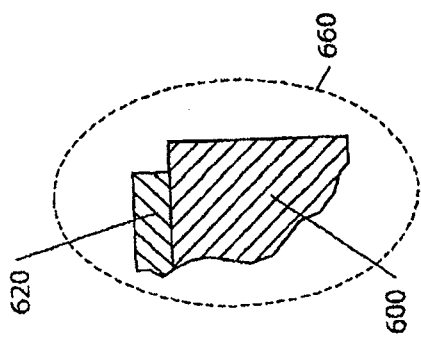


图6B

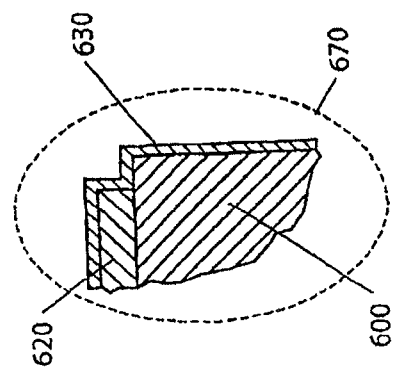


图6D

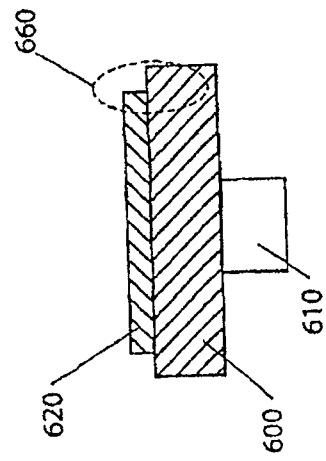


图6A

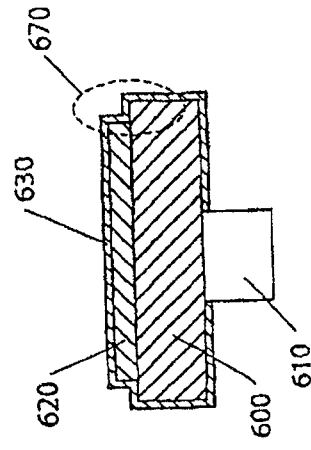
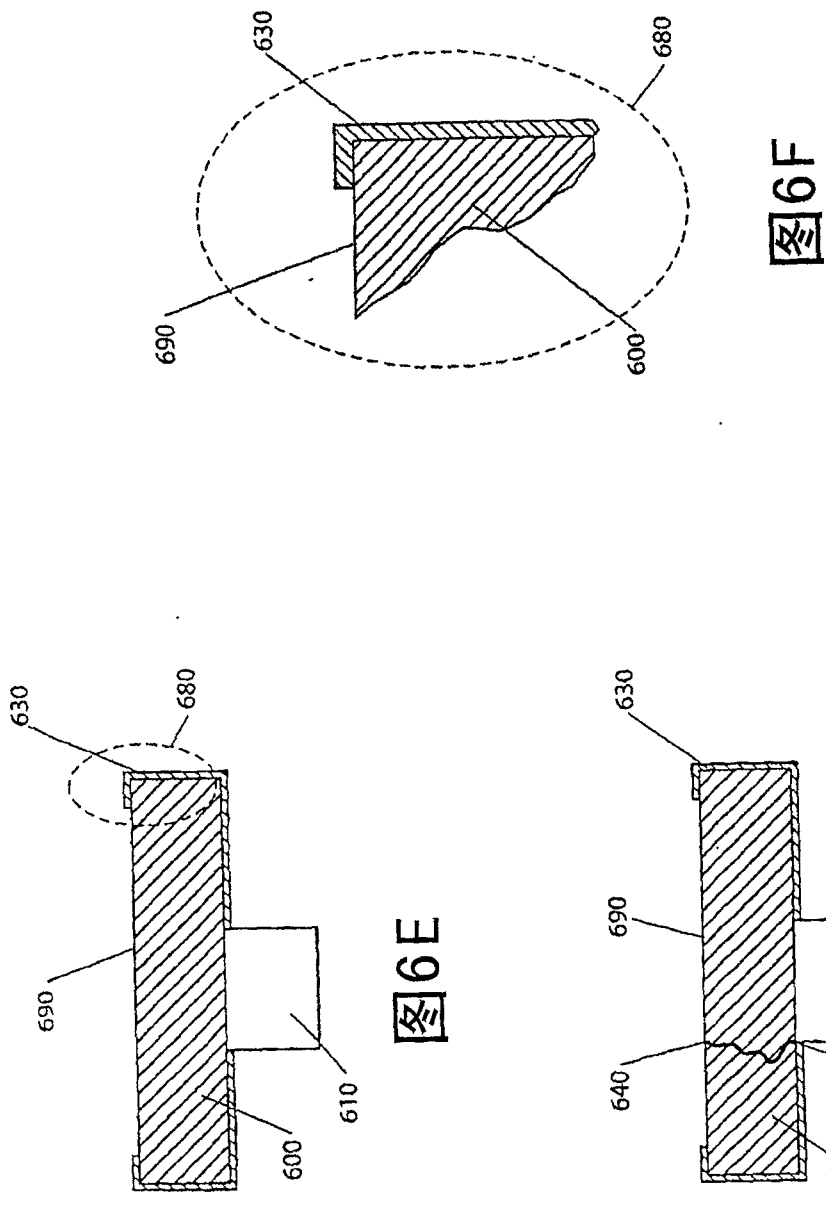


图6C



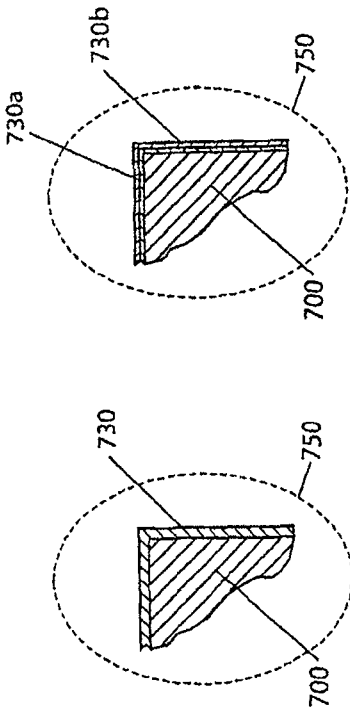


图7D

图7C

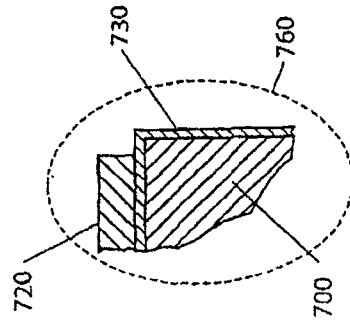


图7F

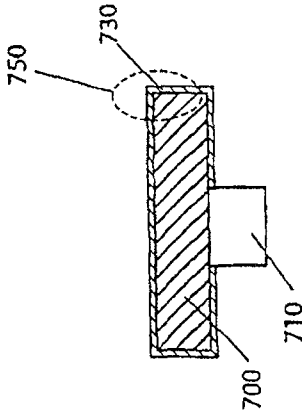


图7B

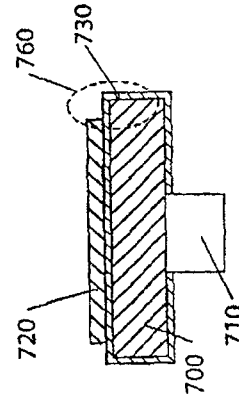


图7E

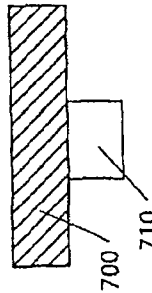


图7A

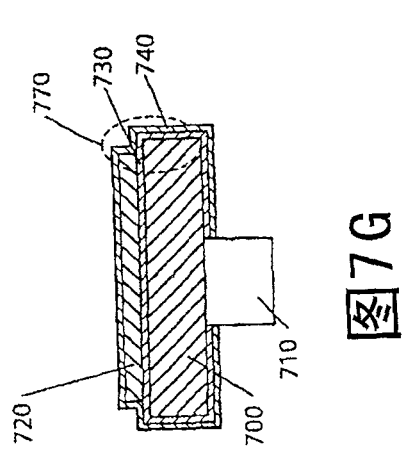


图7G

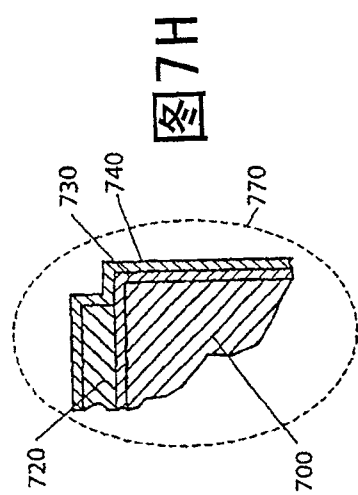


图7H

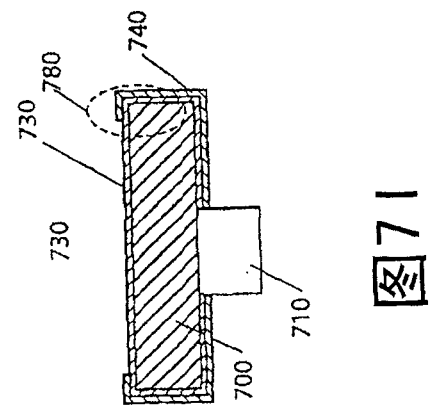


图7I

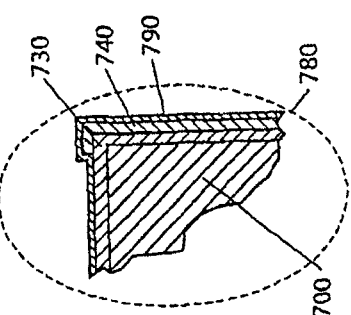


图7K

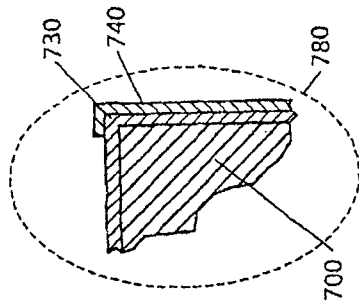


图7J

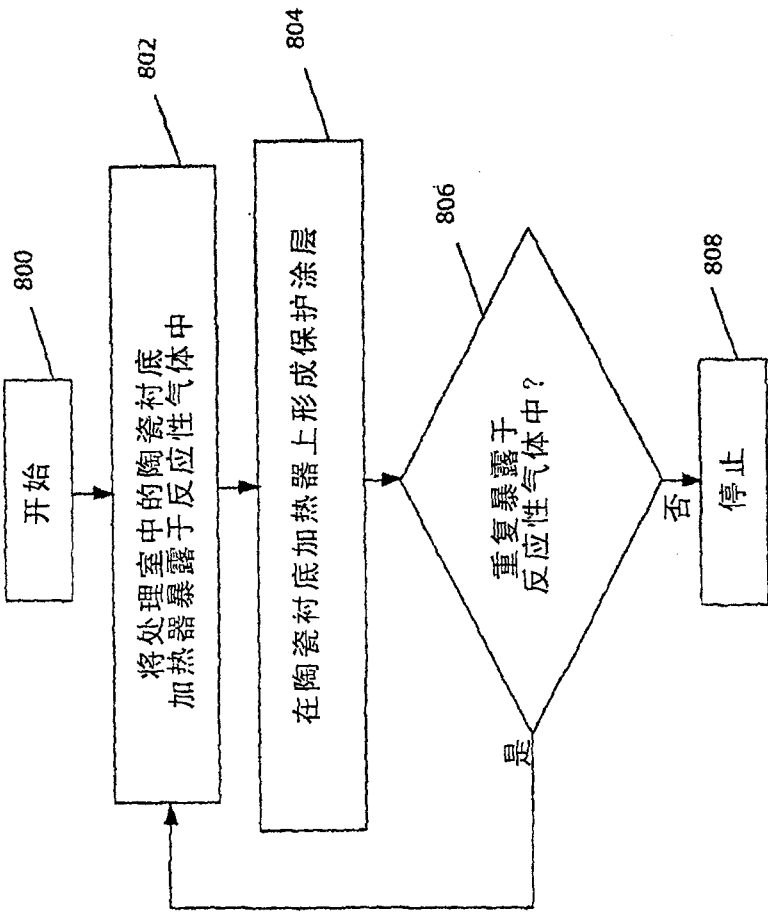


图8

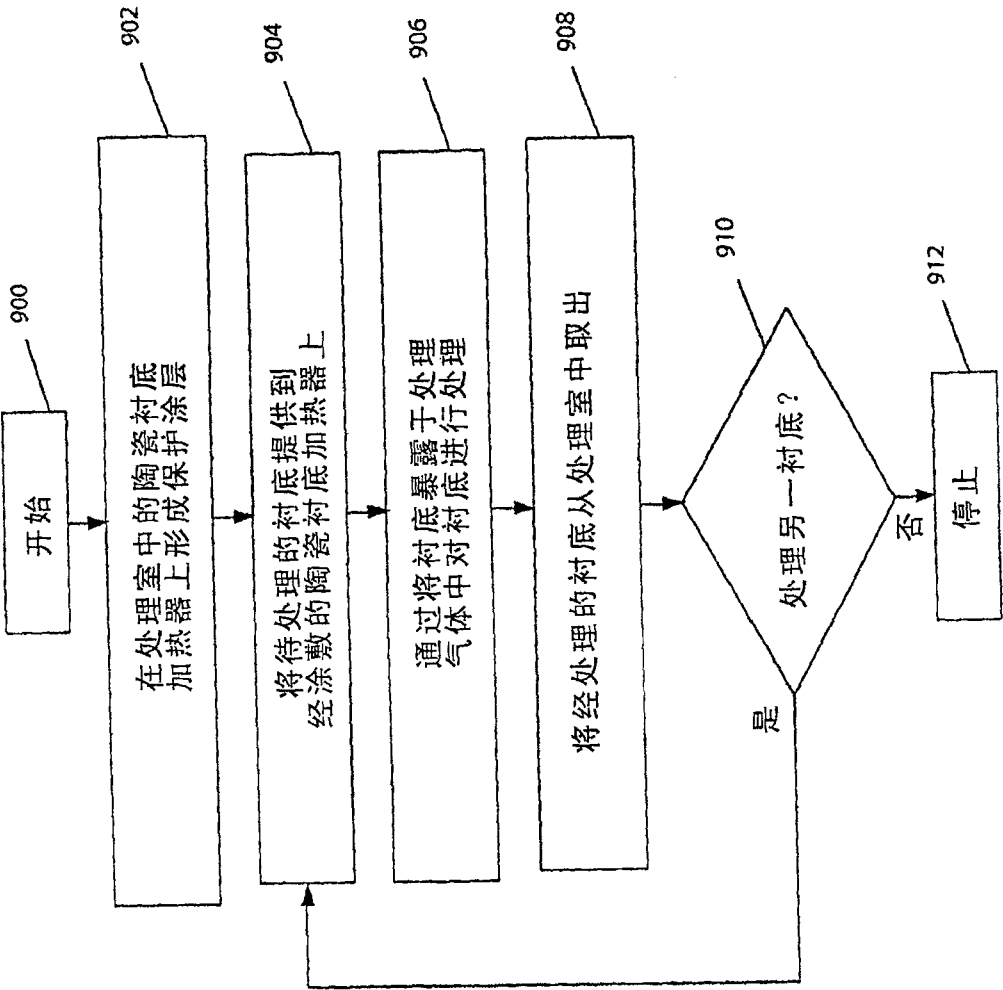


图9

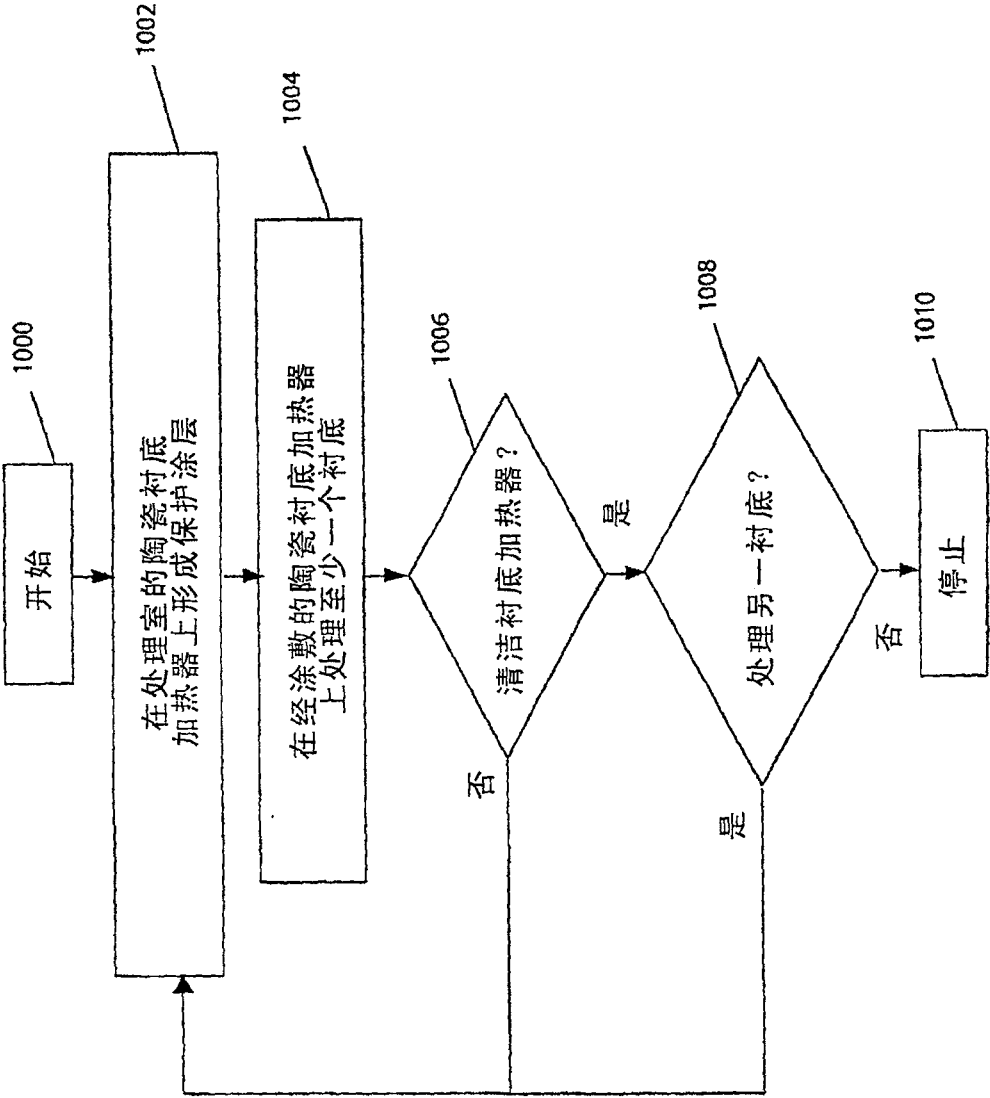


图10