

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02828198.5

H01L 21/3205 (2006.01)

H01L 21/768 (2006.01)

C23C 16/30 (2006.01)

C23C 16/34 (2006.01)

C23C 16/455 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007年5月30日

[11] 授权公告号 CN 1319134C

[22] 申请日 2002.12.17 [21] 申请号 02828198.5

[30] 优先权

[32] 2001.12.21 [33] US [31] 60/342,307

[86] 国际申请 PCT/US2002/040179 2002.12.17

[87] 国际公布 WO2003/056619 英 2003.7.10

[85] 进入国家阶段日期 2004.8.18

[73] 专利权人 应用材料有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 H·钟 L·陈 V·W·顾

M·X·杨 G·姚

[56] 参考文献

WO 01/15220A1 2001.3.1

EP 0798778A2 1997.10.1

US 6281072B1 2001.8.28

US 6025243A 2000.2.15

审查员 吴海涛

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 赵蓉民

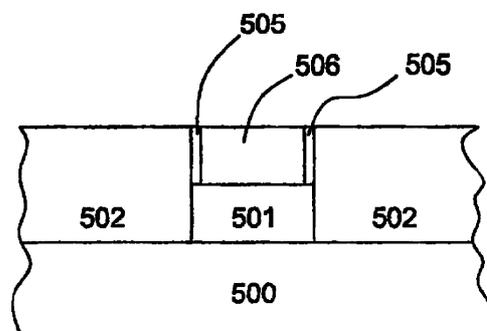
权利要求书 6 页 说明书 14 页 附图 9 页

[54] 发明名称

在介电材料上选择性沉积阻挡层的方法

[57] 摘要

本发明公开一种选择性沉积阻挡层于介电材料上的方法，该材料包围衬底上的一个或多个金属互连。阻挡层是用循环沉积工艺选择性沉积于金属膜上，循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之后，进行清洗步骤。每次沉积循环可替换地包括吸附含难熔金属的前体和还原气体到介电材料上，所述介电材料形成于在工艺腔室中的衬底上。重复所述沉积循环直到获得所需要厚度的所述阻挡层。



1. 一种在介电材料上选择性形成阻挡层的方法，其包括：  
提供具有暴露的金属特征部件的衬底，该金属特征部件被介电材  
5 料包围；  
利用循环沉积工艺，在所述介电材料上形成阻挡层，其中所述循  
环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之  
后，进行清洗步骤，并且其中每次沉积循环包括可选择地提供含难熔  
金属的前体和还原气体到工艺环境中；以及  
10 重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述阻挡层，其中  
所述含难熔金属的前体是含钽前体。
2. 根据权利要求1所述的方法，其中所述含钽前体选自下面物质  
组成的组：五（二甲酰氨基）钽、五（二乙酰氨基）钽、五（甲乙酰  
15 氨基）钽、三（甲乙酰氨基）叔丁基酰氨基钽、三（二甲酰氨基）叔  
丁基酰氨基钽、二（环戊二烯基）三氢化钽、二（甲基环戊二烯基）  
三氢化钽，和三（二乙酰氨基）叔丁基酰氨基钽。
3. 根据权利要求2所述的方法，其中所述含钽前体是五（甲乙酰  
20 氨基）钽。
4. 根据权利要求1所述的方法，其中所述含钽前体是通过通入载  
体气提供的，所述载体气的流速为30sccm到1500sccm，其是通过其中  
具有所述含钽前体的安瓿提供的。  
25
5. 根据权利要求4所述的方法，其中所述含钽前体是通过通入载  
体气提供的，所述载体气流速为100sccm，其是通过其中具有所述含钽  
前体的安瓿提供的。
- 30 6. 根据权利要求1所述的方法，其中提供所述含钽前体持续的时  
间为5秒到50秒。

7. 根据权利要求6所述的方法, 其中提供所述含钽前体持续的时间为15秒。

8. 一种在介电材料上选择性形成阻挡层的方法, 包括:

5 提供具有暴露的金属特征部件的衬底, 该金属特征部件被介电材料包围;

利用循环沉积工艺, 在所述介电材料上形成阻挡层, 其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环, 在所述预定次数的沉积循环之后, 进行清洗步骤, 并且其中每次沉积循环包括可选择地提供含难熔金属的前体和还原气体到工艺环境中; 以及

10 重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述阻挡层, 其中所述还原气体选自下面的物质组成的组: 联氨 ( $N_2H_4$ )、甲基联氨 ( $CH_3N_2H_3$ )、二甲基联氨 ( $C_2H_6N_2H_2$ )、叔丁基联氨 ( $C_4H_9N_2H_3$ )、苯基联氨 ( $C_6H_5N_2H_3$ )、2,2'-偶氮异丁烷 ( $(CH_3)_2C=N_2$ ) 和叠氨基乙烷

15 ( $C_2H_5N_3$ )。

9. 一种在介电材料上选择性形成阻挡层的方法, 包括:

提供具有暴露的金属特征部件的衬底, 该金属特征部件被介电材料包围;

20 利用循环沉积工艺, 在所述介电材料上形成阻挡层, 其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环, 在所述预定次数的沉积循环之后, 进行清洗步骤, 并且其中每次沉积循环包括可选择地提供含难熔金属的前体和还原气体到工艺环境中; 以及

25 重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述阻挡层, 其中所述还原气体以 150sccm 到 700sccm 的流速提供。

10. 根据权利要求9所述的方法, 其中所述还原气体以 250sccm 的流速提供。

30 11. 一种在介电材料上选择性形成阻挡层的方法, 包括:

提供具有暴露的金属特征部件的衬底, 该金属特征部件被介电材

料包围；

利用循环沉积工艺，在所述介电材料上形成阻挡层，其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之后，进行清洗步骤，并且其中每次沉积循环包括可选择地提供含难熔金属的前体和还原气体到工艺环境中；以及

重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述阻挡层，其中提供所述还原气体的持续时间为3秒到45秒。

12. 根据权利要求11所述的方法，其中提供所述还原气体的持续时间为5秒。

13. 一种在介电材料上选择性形成阻挡层的方法，包括：

提供具有暴露的金属特征部件的衬底，该金属特征部件被介电材料包围；

利用循环沉积工艺，在所述介电材料上形成阻挡层，其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之后，进行提供清洗气体的清洗步骤，并且其中每次沉积循环包括可选择地提供含难熔金属的前体和还原气体到工艺环境中；以及

重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述阻挡层，其中所述清洗气体以100sccm到1000sccm的流速提供。

14. 一种在介电材料上选择性形成阻挡层的方法，包括：

提供具有暴露的金属特征部件的衬底，该金属特征部件被介电材料包围；

利用循环沉积工艺，在所述介电材料上形成阻挡层，其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之后，进行清洗步骤，并且其中每次沉积循环包括可选择地提供含难熔金属的前体和还原气体到工艺环境中；以及

重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述阻挡层，其中

所述工艺在 0.5 托的压力执行。

15. 一种选择性形成氮化钽阻挡层于介电材料上的方法，该方法包括：

5 提供具有暴露的金属特征部件的衬底，该金属特征部件被介电材料包围；

利用循环沉积工艺，在所述介电材料上形成氮化钽阻挡层，其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之后，进行清洗步骤，并且其中每次沉积循环包括可选择地提供  
10 含钽的前体和还原气体到工艺环境中；以及

重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述氮化钽阻挡层。

16. 根据权利要求 15 所述的方法，其中选择所述预定次数的沉积  
15 循环以开始形成所述氮化钽阻挡层于所述介电材料上，但是该次数比开始形成氮化层阻挡层于暴露的金属特征部件上所需要的沉积循环次数少。

17. 根据权利要求 15 所述的方法，其中所述含钽前体选自下面物  
20 质组成的组：五（二甲酰氨基）钽、五（二乙酰氨基）钽、五（甲乙酰氨基）钽、三（甲乙酰氨基）叔丁基酰氨基钽、三（二甲酰氨基）叔丁基酰氨基钽、二（环戊二烯基）三氢化钽、二（甲基环戊二烯基）三氢化钽，和三（二乙基酰氨基）叔丁基酰氨基钽。

25 18. 根据权利要求 17 所述的方法，其中所述含钽前体是五（甲乙酰氨基）钽。

19. 根据权利要求 15 所述的方法，其中所述含钽前体是通过通入载体气提供的，所述载体气的流速为 30sccm 到 1500sccm，其是通过其中具有所述含钽前体的安瓿提供的。  
30

20. 根据权利要求 19 所述的方法，其中所述含钽前体是通过通入

载体气提供的，所述载体气的流速为 100sccm，其是通过其中具有所述含钽前体的安瓿提供的。

21. 根据权利要求 15 所述的方法，其中提供所述含钽前体持续的  
5 时间为 5 秒到 50 秒。

22. 根据权利要求 21 所述的方法，其中提供所述含钽前体持续的  
时间为 15 秒。

10 23. 根据权利要求 15 所述的方法，其中所述还原气体选自下面的  
物质组成的组：氨气 ( $\text{NH}_3$ )、联氨 ( $\text{N}_2\text{H}_4$ )、甲基联氨 ( $\text{CH}_3\text{N}_2\text{H}_3$ )、  
二甲基联氨 ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2\text{H}_2$ )、叔丁基联氨 ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{N}_2\text{H}_3$ )、苯基联氨  
( $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_2\text{H}_3$ )、2,2'-偶氮异丁烷( $(\text{CH}_3)_6\text{C}_2\text{N}_2$ )和叠氨基乙烷( $\text{C}_2\text{H}_5\text{N}_3$ )。

15 24. 根据权利要求 23 所述的方法，其中所述还原气体是氨气  
( $\text{NH}_3$ )。

25. 根据权利要求 15 所述的方法，其中所述还原气体以 150sccm  
到 700sccm 的流速提供。

20

26. 根据权利要求 25 所述的方法，其中所述还原气体以 250sccm  
的流速提供。

27. 根据权利要求 15 所述的方法，其中提供所述还原气体的持续  
25 时间为 3 秒到 45 秒。

28. 根据权利要求 27 所述的方法，其中提供所述还原气体的持续  
时间为 5 秒。

30 29. 根据权利要求 15 所述的方法，其中所述清洗步骤包括提供清  
洗气体。

30. 根据权利要求 29 所述的方法，其中所述清洗气体是从包括氦气 (He)、氩气 (Ar)、氮气 (N<sub>2</sub>)、氢气 (H<sub>2</sub>)，及其组合的组中选择的。

5        31. 根据权利要求 29 所述的方法，其中所述清洗气体以 100sccm 到 1000sccm 的流速提供。

32. 根据权利要求 15 所述的方法，其中所述工艺在 150°C 到 350°C 的温度执行。

10

33. 根据权利要求 32 所述的方法，其中所述工艺在 200°C 的温度执行。

34. 根据权利要求 15 所述的方法，其中所述工艺在最大为 100 托  
15 的压力执行。

35. 根据权利要求 34 所述的方法，其中所述工艺在 0.5 托的压力执行。

## 在介电材料上选择性沉积阻挡层的方法

### 5 相关申请的交叉参考

本申请要求 2001 年 12 月 21 日申请的美国临时申请 No.60/342307 的权益，该申请在此以参考的方式完整地并入。

### 技术领域

10 本发明的实施例一般涉及阻挡层形成的方法。

### 背景技术

集成电路已经发展到在单个芯片上可以包括数以百万计的元件（如晶体管，电容器和电阻器）的复杂的器件。芯片设计的发展不断地要求更快电路系统和更高的电路密度。更高电路密度的要求需要减小集成电路元件尺寸。

随着集成电路元件尺寸的减小（如亚微米尺寸），用于制造这样的元件的材料对电气性能做出贡献。例如，低电阻金属互连（如铝（Al）和铜（Cu））提供集成电路上元件之间的导电路径。

20 参看图 1，金属互连 2 通常是通过体绝缘材料 4 彼此电绝缘的。当邻近金属互连 2 之间的距离和/或体绝缘材料 4 的厚度为亚微米量级时，这样的互连 2 之间出现电容性耦合。在邻近金属互连 2 之间的电容性耦合可能引起串话和/或电阻-电容（RC）延迟，其降低集成电路的整体性能。

25 为了最小化邻近金属互连之间的电容性耦合，低介电常数的体绝缘材料 4（如介电常数约低于 3.5）被采用。低介电常数体绝缘材料的例子包括二氧化硅（SiO<sub>2</sub>），硅酸盐玻璃和有机硅酸盐玻璃，及其它材料。

30 此外，阻挡层 6 常将金属互连 2 与体绝缘材料 4 隔开。阻挡层 6 最小化金属从金属互连 2 扩散到体绝缘材料 4。来自金属互连 2 的金属扩散到体绝缘材料 4 是不期望的，因为这样的扩散可影响集成电路的电性能（如串话和/或 RC 延迟）或使得集成电路不能工作。阻挡层材

料的例子包括难熔金属如钛 (Ti)，钽 (Ta) 和钨 (W)，其它金属，以及难熔金属氮化物，如氮化钛 (TiN)，氮化钽 (TaN) 和氮化钨 (WN)，及其它氮化物。

阻挡层材料通常用物理气相沉积 (PVD) 和/或化学气相沉积 (CVD) 技术沉积的。这样的技术沉积阻挡层材料于互连结构的所有表面上，该互连结构包括金属互连 2 和绝缘材料 4。然而，当互连结构的尺寸为亚四分之一微米时，阻挡层材料沉积于互连 2 倾向于增加互连结构的电阻，这可以降低器件的电性能。

因此，需要一种选择性沉积阻挡层于介电材料上的方法。

10

### 发明内容

提供一种在介电材料上选择性沉积阻挡层的方法，该介电材料围绕一个或多个在衬底上的金属互连。阻挡层可以包括难熔金属氮化物，如，氮化钽 (TaN)。该阻挡层是用循环沉积工艺 (cyclic deposition process) 选择性地沉积于介电层上，该工艺包括预定次数的沉积循环，  
15 然后是清洗步骤。

在循环沉积工艺中，每次沉积循环包括可替换地吸附含难熔金属的前体 (precursor) 和还原气体到介电材料上，该介电材料形成于在工艺腔室中的衬底上。含难熔金属的前体和还原气体反应以形成阻挡层于介电材料上。在预定次数沉积循环完成后，工艺腔室中的含难熔金属的前体和还原气体被清洗。执行预定次数的沉积循环的沉积序列之后是清洗工艺腔室，然后重复沉积循环直到达到所需的阻挡层厚度。  
20

选择预定次数的沉积循环，以利用所需的沉积循环次数的差异，开始沉积阻挡层材料于不同类型的材料层。因此，沉积循环的预定次数的选择有利于开始在介电材料上的阻挡层材料的沉积，但是该循环次数少于需要开始沉积这样的阻挡层材料于金属互连上的沉积循环次数。同样地，阻挡层材料只沉积于介电材料上，而不沉积于任何金属互连上。  
25

阻挡层的选择性沉积和集成电路制造工艺相兼容。在一种集成电路制造工艺中，阻挡层用于镶嵌结构 (damascene structure) 中。对于这样的实施例，优选的工艺序列包括提供一个或多个介电材料层于其  
30

上的衬底，该介电材料层具有穿过其中到达金属特征部件（metal features）的通孔。阻挡层是用循环沉积工艺选择性沉积于介电材料上的，其中沉积循环次数是预定的，每次循环包括可替换地吸附含难熔金属前体和还原气体到介电材料上，然后是工艺腔室清洗步骤。重复  
5 循环沉积工艺直到达到所需的阻挡层厚度。在阻挡层被选择性地沉积于介电材料上后，通过用导电性材料填充通孔完成镶嵌结构。

在一个实施方式中，公开一种在介电材料上选择性形成阻挡层的方法。该方法包括：提供具有暴露的金属特征部件的衬底，该金属特征部件被介电材料包围；利用循环沉积工艺，在所述介电材料上，形  
10 成阻挡层，其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之后，进行清洗步骤，并且其中每次沉积循环包括可选择地提供含难熔金属的前体和还原气体到工艺环境中；以及重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述阻挡层，其中含难熔金属的前体是含钽前体。

在一个实施方式中，公开一种在介电材料上选择性形成阻挡层的方法。该方法包括：提供具有暴露的金属特征部件的衬底，该金属特征部件被介电材料包围；利用循环沉积工艺，在所述介电材料上，形  
15 成阻挡层，其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之后，进行清洗步骤，并且其中每次沉积循环包括可选择地提供含难熔金属的前体和还原气体到工艺环境中；以及重  
20 复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述阻挡层，其中所述还原气体选自下面的物质组成的组：联氨（ $N_2H_4$ ）、甲基联氨（ $CH_3N_2H_3$ ）、二甲基联氨（ $C_2H_6N_2H_2$ ）、叔丁基联氨（ $C_4H_9N_2H_3$ ）、苯基联氨（ $C_6H_5N_2H_3$ ）、2,2'-偶氮异丁烷（ $(CH_3)_6C_2N_2$ ）和叠氨基乙烷（ $C_2H_5N_3$ ）。

在另一种实施方式种，公开一种在介电材料上选择性形成阻挡层的方法。该方法包括：提供具有暴露的金属特征部件的衬底，该金属特征部件被介电材料包围；利用循环沉积工艺，在所述介电材料上，形  
25 成阻挡层，其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之后，进行清洗步骤，并且其中每次沉积循环包括可选择地提供含难熔金属的前体和还原气体到工艺环境中；以及  
30 重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述阻挡层，其中所述

还原气体以为 150sccm 到 700sccm 的流速提供。

在另一种实施方式中，公开一种在介电材料上选择性形成阻挡层的方法。该方法包括：提供具有暴露的金属特征部件的衬底，该金属特征部件被介电材料包围；利用循环沉积工艺，在所述介电材料上，  
5 形成阻挡层，其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之后，进行清洗步骤，并且其中每次沉积循环包括可选择地提供含难熔金属的前体和还原气体到工艺环境中；以及重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述阻挡层，其中提供所述还原气体的持续时间为 3 秒到 45 秒。

10 在另一种实施方式中，公开一种在介电材料上选择性形成阻挡层的方法。该方法包括：提供具有暴露的金属特征部件的衬底，该金属特征部件被介电材料包围；利用循环沉积工艺，在所述介电材料上，形成阻挡层，其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之后，进行提供清洗气体的清洗步骤，并且其中  
15 每次沉积循环包括可选择地提供含难熔金属的前体和还原气体到工艺环境中；以及重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述阻挡层，其中所述清洗气体以 100sccm 到 1000sccm 的流速提供。

在另一种实施方式中，公开一种在介电材料上选择性形成阻挡层的方法。该方法包括：提供具有暴露的金属特征部件的衬底，该金属特征部件被介电材料包围；利用循环沉积工艺，在所述介电材料上，  
20 形成阻挡层，其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之后，进行清洗步骤，并且其中每次沉积循环包括可选择地提供含难熔金属的前体和还原气体到工艺环境中；以及重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述阻挡层，其中所述  
25 工艺在 0.5 托的压力执行。

在另一种实施方式中，公开一种选择性形成氮化钽阻挡层于介电材料上的方法。该方法包括：提供具有暴露的金属特征部件的衬底，所述金属特征部件被介电材料包围；利用循环沉积工艺，在所述介电材料上形成氮化钽阻挡层，其中所述循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，在所述预定次数的沉积循环之后，进行清洗步骤，并且其中  
30 每次沉积循环包括可选择地提供含钽的前体和还原气体到工艺环境

中；以及重复所述循环沉积工艺直到形成所需要厚度的所述氮化钽阻挡层。

### 附图说明

5 为了实现本发明的上述特征的方式并能被详细理解，已经总结如上的本发明的更具体的说明，可通过具体实施例进行，这些实施例如附图所说明的。

然而，应该注意，附图只说明本发明的典型实施例，且因此不能被认为是对本发明范围的限制，对于本发明，包括其它等价的有效实  
10 施例。

图 1 显示金属互连结构的剖视图，其包括形成于金属互连和体绝缘材料上的阻挡层；

图 2 描绘工艺腔室示意的剖视图，其可用于执行这里所述的循环沉积工艺；

15 图 3 说明结合选择性地沉积阻挡层于介电材料上的工艺序列，该沉积过程应用根据此处所述的一个实施例的循环沉积工艺；

图 4 说明结合在介电材料上选择性沉积阻挡层的工艺序列，该沉积过程应用根据此处所述的一个可替换的实施例的循环沉积工艺；

图 5A 显示开始形成氮化钽层于介电材料上所需的沉积循环次数  
20 与开始形成氮化钽层于铜上所需的沉积循环次数作比较的曲线图；

图 5B 显示，在约为 200°C 的温度，开始形成氮化钽层于氧化硅和铜上所需的沉积循环次数的曲线图；

图 5C 显示作为开始形成氮化钽层于氧化硅上所需的沉积循环次数作为工艺腔室压力的函数的曲线图；以及

25 图 6A-6C 显示在互连制造工艺的不同阶段的衬底剖视图。

### 具体实施方式

图 2 示意地示出工艺腔室 36 的剖视图，其可用于按照此处描述的实施例执行循环沉积工艺。工艺腔室 36 通常容放晶片支撑基座 148，  
30 其被用于支撑基座（未示出）。晶片支撑基座 148 利用位移装置 148a 可在垂直方向在工艺腔室 36 内移动。

根据具体的工艺，衬底在沉积之前或沉积过程中可被加热到某个所需的温度。例如，晶片支撑基座 148 可利用内嵌的加热器元件 152a 加热。晶片支撑基座 148 可通过从交流电源 152 施加电流至加热器元件 152a 电阻性地加热。以便衬底（未示出）通过基座 148 加热。可替  
5 换地，晶片支撑基座 148 可利用辐射加热器加热，如灯（未示出）。

温度传感器 150a，如热电偶，也内嵌在晶片支撑基座 148 中以常规的方式监视基座 148 的温度。测量的温度闭环反馈以控制用于加热元件 152a 的交流电源 152，以便保持或控制衬底温度于所需的温度，此温度适合于特定的工艺应用。

10 真空泵 118 用于抽取工艺腔室 36 且保持工艺腔室内 36 的压力。通过气体歧管 134，工艺气体被引入到工艺腔室 36 中，该气体歧管位于晶片支撑基座 148 上方。气体歧管 134 被连到气体面板 111，该气体面板控制并供应多种工艺气体至工艺腔室 36。

进入气体歧管 134 的气流的适当控制和调节是通过质量流量控制  
15 器（未示出）和微处理控制器 154 执行的。气体歧管 134 使工艺气体引入并均匀分布于工艺腔室 36。而且，气体歧管 134 可以被加热以防止任何反应性气体凝结于歧管内。

气体歧管 134 包括多个电子控制阀（未示出）。用于此处的电子控制阀指任何这样的控制阀，其能够在少于约 1—2 秒时间，更优选地小  
20 于约 0.1 秒的阀门开关周期，以提供快速和精确的进入工艺腔室 36 的气流。

微处理器控制器 154 可以是任何一种通用目的的计算机处理器（CPU）171，其能够被用于工业场所，以用于控制多种腔室和子处理器（sub-processors）。计算机可使用任何合适的存储器 172，如随机存  
25 储器，只读存储器，软盘，硬盘，或任何其它形式的数字存储，本地的或远程的。多种支撑电路 173 可耦合到 CPU 上，以传统方式支持处理器。必要的软件程序可存储在存储器上或由第二 CPU 执行，该第二 CPU 是远程的。

执行软件程序以初始化工艺配方（process recipe）或序列  
30 （sequence）。软件程序被执行的时候，其将通用目的的计算机转换为特定的工艺计算机，该工艺计算机控制腔室操作，以便腔室工艺被执行

行。例如，软件程序可以用于精确控制电子控制阀的活动以用于根据本发明的工艺序列的执行。可替换地，软件程序可在硬件中执行，如应用特定集成电路或其它类型硬件实现，或软件或硬件的组合。

#### 在介电层上沉积选择性阻挡层

- 5 描述选择性沉积阻挡层于衬底上形成的介电层上的方法。阻挡层可包括难熔金属氮化物，如氮化钽（TaN），及其它物质。阻挡层是用循环沉积工艺选择性沉积于介电层上，循环沉积工艺包括预定次数的沉积循环，然后是清洗步骤。

在循环沉积工艺中，每次沉积循环包括可替换地吸附含难熔金属的前体和还原气体到介电层上，该介电层形成于在工艺腔室中的衬底上。含难熔金属的前体和还原气体反应形成阻挡层于介电层上。在预定次数的沉积循环完成后，工艺腔室中的含难熔金属的前体和还原气体被清洗。执行预定次数的沉积循环的沉积序列之后是工艺腔室清洗，沉积序列可重复直到达到所需的阻挡层厚度。

- 15 选择预定次数的沉积循环以利用沉积循环次数的差异，开始沉积阻挡层材料于不同类型的材料层上。因此，沉积循环的预定次数的选择有利于开始在介电材料上的阻挡层材料的沉积，但是该次数比为了开始沉积这样的阻挡层材料于邻近的金属膜上所需的沉积循环次数少。

- 20 图3图示根据本发明的工艺序列200，详细说明用于选择性沉积阻挡层于介电层上的多个步骤，其利用恒定的载体气流。这些步骤可执行于类似于上面参考图2所说明的工艺腔室。如步骤202指示的那样，衬底被引入到工艺腔室。衬底可以是，例如硅衬底，其上具有由介电材料层围绕的一个或多个铜特征部件。调整工艺腔室条件，如温度和  
25 压力，以增强阻挡层材料选择性沉积于介电材料层上，且阻止阻挡层材料沉积于金属膜上。

- 在一个实施例中，其中恒定的载体气流是必须的，载体气流建立于工艺腔室中，如步骤204所指示的那样。可选择载体气以便还用作清洗气体以除去工艺腔室中挥发性的反应物和/或副产品，载体气诸如，  
30 例如氦气（He），氩气（Ar），氮气（N<sub>2</sub>）和氢气（H<sub>2</sub>），以及它们的组合，及其它气体也可使用。

参看步骤 206, 在载体气建立于工艺腔室中后, 含难熔金属的前体的一个脉冲 (pulse) 加入到载体气流中。此处用的术语脉冲是指一定剂量的材料注入到工艺腔室或载体气流中。该脉冲可包括含难熔金属前体的一次注入, 或几次短暂的连续的注入。含难熔金属前体的脉冲持续预定的时间间隔。当阻挡层包括氮化钽 (TaN) 时, 合适的含钽前体可包括, 例如, 五(二甲酰氨基)钽 (pentakis(dimethylamido) tantalum) (PDMAT)、五(二乙酰氨基)钽 (pentakis(diethylamido) tantalum) (PDEAT)、五(甲乙酰氨基)钽 (pentakis(ethylmethylamido) tantalum) (PEMAT)、三(甲乙酰氨基)叔丁基酰氨基钽 (t-butylamino tris(methylethylamido) tantalum) (TBTMET)、三(二甲酰氨基)叔丁基酰氨基钽 (t-butylamino tris(dimethylamido) tantalum) (TBTDMT)、二(环戊二烯基)三氢化钽 (bis(cyclopentadienyl) tantalum trihydride)、二(甲基环戊二烯基)三氢化钽 (bis(methylcyclopentadienyl) tantalum trihydride)、和三(二乙酰氨基)叔丁基酰氨基钽 (t-butylamino tris(diethylamido) tantalum) (TBTDET), 及其它类似物质。

用于含难熔金属前体脉冲的时间间隔可根据多个因子诸如, 例如所采用的工艺腔室的体积容量, 耦合到其上的真空系统, 和所用的反应物的活泼性/反应性而改变。一般来说, 有利地选择工艺条件以便含难熔金属前体的至少一个单层被吸附在介电层上, 而没有含难熔金属前体被吸附在邻近的金属膜上。此后, 被保存在工艺腔室中的过量的含难熔金属的前体可通过恒定载体气流与真空系统结合而除去。

在步骤 208, 在过量的含难熔金属前体通过载体气流从工艺腔室中被充分除去, 以防止与随后提供的工艺气体反应或形成颗粒, 之后, 还原气体脉冲加入到载体气流中。当阻挡层包括氮化钽 (TaN) 合适的还原气体, 包括例如, 氨气 (NH<sub>3</sub>)、联氨 (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)、甲基联氨 (CH<sub>3</sub>N<sub>2</sub>H<sub>3</sub>)、二甲基联氨 (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>N<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)、叔丁基联氨 (t-butyl hydrazine) (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>N<sub>2</sub>H<sub>3</sub>)、苯基联氨 (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>N<sub>2</sub>H<sub>3</sub>)、2,2'-偶氮异丁烷 (2,2'-azoisobutane) ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>C=N<sub>2</sub>) 和叠氨基乙烷 (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>N<sub>3</sub>), 及其它物质。

还原气体的脉冲也持续预定的时间间隔。一般来说, 还原气体脉冲的时间间隔应足够长以提供足够量的还原气体以与含难熔金属的前体反应, 该前体已经被吸附在介电层上。此后, 过量的还原气体通过

载体气流和真空系统结合冲洗工艺腔室被清除。

步骤 204 到步骤 208 包括用于阻挡层沉积循环的实施例。对这样的实施例，恒定的载体气流供应到工艺腔室，其由交互的脉冲周期和非脉冲周期调节，其中脉冲周期中，含难熔金属的前体和还原气体及载体气流交替通过，而非脉冲周期只包括载体气流。

用于含难熔金属的前体和还原气体的每个脉冲的时间间隔可以是相同的。也就是说，含难熔金属的前体的持续时间和还原气体的脉冲持续时间是相同的。对于这样的实施例，用于含难熔金属前体的脉冲时间间隔（T1）等于用于还原气体的脉冲时间间隔（T2）。

可替换地，用于含难熔金属的前体和还原气体的每个脉冲的时间间隔可以是不同的。也就是说，含难熔金属的前体的持续时间可以比还原气体的脉冲持续时间短或长。对于这样的实施例，用于含难熔金属前体的脉冲时间间隔（T1）不同于用于还原气体的脉冲时间间隔（T2）。

而且，在含难熔金属前体和还原气体的每个非脉冲之间时间可以相同。也就是说，在含难熔金属前体和还原气体的每个脉冲之间的非脉冲持续时间可以是相同的。对于这样的实施例，在含难熔金属前体和还原气体的脉冲之间非脉冲时间间隔（T3）等于在还原气体和含难熔金属前体脉冲之间的非脉冲的时间间隔（T4）。在非脉冲时间间隔时间段，只有恒定的载体气流被供应到工艺腔室。

可替换地，在每个含难熔金属前体和还原气体的脉冲之间的非脉冲时间段可以有不同的时间长度。也就是说，在含难熔金属前体和还原气体的每个脉冲之间的持续时间段可比还原气体和含难熔金属前体每个脉冲之间的非脉冲持续时间短或长。例如一个实施例，在含难熔金属前体和还原气体的脉冲之间的非脉冲时间间隔（T3）不同于还原气体和含难熔金属前体的脉冲之间的非脉冲时间间隔（T4）。在非脉冲时间段，只有恒定的载体气流被供应到工艺腔室。

此外，对于每次沉积循环，含难熔金属前体，还原气体的每个脉冲时间间隔，和它们之间的非脉冲时间段，可以有相同的持续时间。例如，在第一次沉积循环（C1）中，用于含难熔金属前体的脉冲的时间间隔（T1）可与用于在随后的沉积循环（C2...CN）中的含难熔金属

前体的脉冲时间间隔具有相同的持续时间。相似地，第一次沉积循环（C1）中，还原气体的每个脉冲持续时间及在含难熔金属前体的脉冲和还原气体脉冲之间的非脉冲时间段，可与随后的沉积循环（C2...CN）中还原气体的每个脉冲和在含难熔金属前体和还原气体的脉冲之间的非脉冲时间段分别具有相同的持续时间。

可替换地，对于阻挡层沉积工艺循环，含难熔金属前体、还原气体的至少每一个脉冲的时间间隔和它们之间一次或多次沉积循环的非脉冲时间段可具有不同的持续时间。例如，在第一次沉积循环（C1）中，用于含难熔金属前体脉冲的时间间隔（T1）可长或短于随后的沉积循环（C2...CN）中用于含难熔金属前体的脉冲的时间间隔（T1）。相似地，在沉积循环（C1）中，还原气体的一个或多个脉冲的持续时间或在含难熔金属前体和还原气体的脉冲之间的非脉冲时间段，可以分别长或短于随后的沉积循环（C2...CN）中还原气体相应的脉冲持续时间或含难熔金属前体脉冲和还原气体之间脉冲的非脉冲时间段。

参考步骤 210，在每次沉积循环（步骤 204 到 208）之后，确定总的执行的沉积循环次数。如果没有执行预定的沉积循环次数，步骤 204 到 208 被重复直到完成预定的沉积循环次数。然而，如果预定的沉积循环次数已经完成，工艺腔室中的含难熔金属前体和还原气体都被清洗，如步骤 212 所指示的那样。工艺腔室可用载体气流清洗。在工艺腔室被清洗之后，可执行额外预定次数的沉积循环（步骤 204 到 208），直到获得所需要的阻挡层厚度，如步骤 214 所指示的那样，或如步骤 216 所指示的那样结束。

对于特定的阻挡层材料，选择预定次数的沉积循环以在最初的几次沉积循环中开始沉积阻挡材料于介电层上，但是该预定次数比所需的开始沉积这样阻挡层材料于邻近金属膜上的沉积循环次数少。限制沉积循环次数为预定的次数，该预定次数比所需的开始沉积阻挡材料于邻近的金属膜上的次数少，然后清洗工艺腔室，以允许仅在介电层上选择性沉积阻挡材料。

在图 4 中所描述的可替换的工艺序列中，阻挡层沉积循环可包括分开的含难熔金属前体的脉冲。对这样的实施例，阻挡层沉积序列 300 包括引入衬底至工艺腔室（步骤 302）中，提供载体气脉冲至工艺腔室

(步骤 304), 提供含难熔金属前体的脉冲至工艺腔室 (步骤 306), 提供载体气脉冲至工艺腔室 (308), 提供还原气体脉冲至工艺腔室 (步骤 310), 及重复步骤 304 到 310, 直到执行了预定次数的沉积循环 (步骤 312)。当预定次数的沉积循环完成, 工艺腔室中的含难熔金属前体和还原气体 (步骤 314) 被清洗。在工艺腔室被清洗后, 可执行额外预定次数的沉积循环 (步骤 304 到 310), 直到获得所需要的阻挡层厚度 (步骤 316), 或结束 (步骤 318)。

含难熔金属前体, 还原气体和载体气的每个脉冲的时间间隔, 可以与如上面关于图 3 所讨论的具有相同或不同的持续时间。可替换地, 在阻挡层沉积工艺的一次或多次沉积循环中, 含难熔金属前体, 还原气体和载体气的一个或多个脉冲的相应的时间间隔可具有不同的持续时间。

在图 3-4 中描述了阻挡层沉积循环, 其以含难熔金属前体脉冲开始, 然后是还原气体脉冲。可替换地, 阻挡层沉积循环可从还原气体脉冲开始, 然后是含难熔金属前体的脉冲。此外, 一个脉冲可包括一种气体的一次注入, 或几次短的, 连续的注入。

一个用于选择性形成氮化钽阻挡层于氧化硅介电材料上的示例性沉积循环, 包括依次地提供五(乙酰氨基)钽 (PEMAT) 脉冲和氨气脉冲至工艺腔室, 类似于上面关于图 2 所做的说明, 该氧化硅介电材料邻近于铜特征部件。对于这样的沉积循环, 提供氩气至适当的气流控制阀, 例如电子气流控制阀, 流速在 100sccm (标准立方厘米每秒) 到 1000sccm, 优选为 500sccm, 然后, 约脉动 5 秒到 25 秒, 优选为 15 秒。通过通入氢气 ( $H_2$ ), 提供五(乙酰氨基)钽 (PEMAT) 至合适的气流控制阀, 例如, 电子气流控制阀, 其中氢气的流速约为 30sccm 到约 1500sccm, 优选为 100sccm, 通过含液体 PEMAT 的安瓿在约 50°C 到 95°C 的温度下, 脉动约 5 秒到 50 秒, 优选约为 15 秒。然后以约 100sccm 到约 1000sccm 的速率提供氩气, 优选为约 500sccm, 脉动 5 秒到 25 秒, 优选约为 15 秒。提供氨气 ( $NH_3$ ) 至适当的气流控制阀, 例如电子气流控制阀, 以约 150sccm 到 700sccm 的流速, 优选为 250sccm, 然后脉动约 3 秒到 45 秒, 优选 5 秒。衬底的温度保持在 150°C 到 350°C, 优选为 200°C, 腔室压力最大为 40 托, 优选为 0.5 托。

在执行完预定次数的沉积循环后，通过通入载体气清洗工艺腔室。气体，例如氩气 (Ar)，氦气 (He)，氮气 (N<sub>2</sub>) 和氢气 (H<sub>2</sub>)，及其它气体可以使用。提供用来清洗工艺腔室的气体流速为约 100sccm 到约 1000sccm，优选为约 500sccm，持续时间最长为 2 分钟，优选为 1 分钟。

5 图 5A 说明开始形成氮化钽层于介电氧化物上所需的沉积循环次数，并与开始形成氮化钽层于铜上所需的沉积循环次数相比较。每次沉积循环都在 225°C 的衬底上执行，沉积腔室的压力约为 0.5 托，五(甲乙酰氨基)钽和氢气 (H<sub>2</sub>) 的流速约为 100sccm，其约脉动 15 秒，氨气流约为 250sccm，约脉动 5 秒，氩气流约为 500sccm，其在每个五(甲乙酰氨基)钽 (PEMAT) 脉冲和每个氨气 (NH<sub>3</sub>) 脉冲之间约脉动 15 秒。

参考图 5A，在第一次沉积循环中，氮化钽 (TaN) 开始沉积于氧化硅上，如线 400 所指示的那样。在第五次沉积循环，氮化钽 (TaN) 开始沉积于氟硅酸盐玻璃 (FSG) 上，如线 405 所指示的那样。然而，  
15 在第 14 次沉积循环，氮化钽开始沉积于铜上，如线 410 所指示的那样。同样地，对于上面关于图 5A 所述的工艺条件，选择性沉积氮化钽 (TaN) 于氧化硅或氟硅酸盐 (FSG) 上，而不沉积于铜上，要求工艺腔室每完成 13 次沉积循环清洗一次。

开始形成氮化钽 (TaN) 层于材料层上所需的沉积循环次数可作为  
20 衬底的温度的函数变化。例如，氮化钽 (TaN) 层在衬底温度为 200°C 时形成于氧化硅和铜上。每次沉积循环在约为 0.5 托的腔室压力下执行，带有氢气的五(甲乙酰氨基)钽的流速约为 100sccm，氢气 (H<sub>2</sub>) 脉动约 15 秒，氨气流速为 250sccm，其脉动约 5 秒，而氩气 (Ar) 流速约为 500sccm，其在每个五(甲乙酰氨基)钽 (PEMAT) 脉冲和每  
25 个氨气脉冲之间脉动约 15 秒。

参考图 5B，大约需要 5 次沉积循环以开始形成氮化钽层于氧化硅上，衬底温度约为 200°C，如线 415 所指示的那样，相比较，当衬底温度为 225°C 时只要一次沉积循环，如线 400 所指示的那样 (图 5A)。相比较，约需要 40 次沉积循环以开始形成氮化钽 (TaN) 层于铜上，衬底温度约为 200°C，如线 420 所指示的那样，相比较，当衬底温度为  
30 225°C 时需要 14 次沉积循环，如线 410 所指示的那样 (图 5A)。

所需的沉积循环次数以开始形成氮化钽层于氧化硅上，可以作为工艺腔室压力的函数而变化。例如，在工艺腔室压力为 0.5 托，1 托，2 托和 6 托时，氮化钽层形成于氧化硅上。每次沉积循环在衬底温度约为 210℃ 下执行，带有氢气的五（甲乙酰氨基）钽流速约为 100sccm，  
5 氢气（H<sub>2</sub>）约脉动 15 秒，氨气（NH<sub>3</sub>）流速为 250sccm，其脉动约 5 秒，而氩气（Ar）流速约为 500sccm，其在每个五（甲乙酰氨基）钽（PEMAT）脉冲和每个氨气（NH<sub>3</sub>）脉冲之间约脉动 15 秒。

参考图 5C，开始形成氮化钽（TaN）层于氧化硅上约需要 8 次沉积循环，工艺腔室的压力为 0.5 托，1 托和 2 托，如线 440，线 435 和  
10 线 430 分别所指示的那样。相比较，开始形成氮化钽（TaN）层氧化硅上约需要两次沉积循环，工艺腔室的压力为 6 托，如线 425 所指示的那样。

### 集成电路制造工艺

图 6A—6C 图示在集成电路制造工艺序列中不同阶段的衬底 500  
15 的示意剖视图，该衬底上有形成于介电材料上的氮化钽阻挡层。根据特定的加工阶段，衬底 500 可相当于硅衬底，或已经在衬底 500 上形成的其它材料层。例如图 6A 图示具有导电引线 501 于其上的衬底 500 的剖视图，该引线 501 被介电材料 502 包围。导电引线 501 可以是金属（如铝（Al）或铜（Cu））。介电材料 502 可是氧化物（如，氧化硅）。

20 图 6A 图示一个实施例，其中衬底 500 是具有铜引线于其上的硅。根据所要制造的结构尺寸，铜引线 501 厚度为 5000 埃（Å）到 2 微米。介电材料 502 包围铜引线 501。介电材料 502 可以是低介电常数的氧化硅层。介电材料 502 的厚度约为 5 微米。

25 通孔 503 形成于介电材料 502 中，并连到铜引线 501。通孔是用传统的光刻和蚀刻技术在介电材料 502 中形成的。

参考图 6B，氮化钽阻挡层 505 选择性地形成于介电材料 502 上，其包括通孔 503 的侧壁。氮化钽阻挡层 505 可根据上面关于图 3—4 所述的工艺参数形成。氮化钽阻挡层 505 的厚度应约为 50 埃（Å）到 500 埃（Å）。

30 此后，参考图 6C，通孔 503 被注入导电性材料 506，如铝（Al），铜（Cu），钨（W），或它们的组合。优选地，铜（Cu）用于填充通孔

503，这是因为它低电阻率（电阻率约为  $1.7/\text{cm}$ ）。导电性材料 506 可用化学气相沉积（CVD）技术，物理气相沉积（PVD）技术，电镀技术或其组合沉积。

5 在包括通孔 503 的侧壁的介电材料 502 上形成氮化钽阻挡层 505，其在通孔被填充导电性材料 506 后有利地防止金属迁移到这样的介电材料中。而且，只选择性沉积阻挡层 505 于通孔 503 的侧壁最小化互连结构总的电阻的任何增加，否则，将出现阻挡材料 505 也沉积在铜引线 501 上。

10 虽然前述内容是针对本发明的优选实施例，本发明其它的和进一步的实施例也可被设计出来，而不偏离本发明的基本范围及权利要求限定的范围。

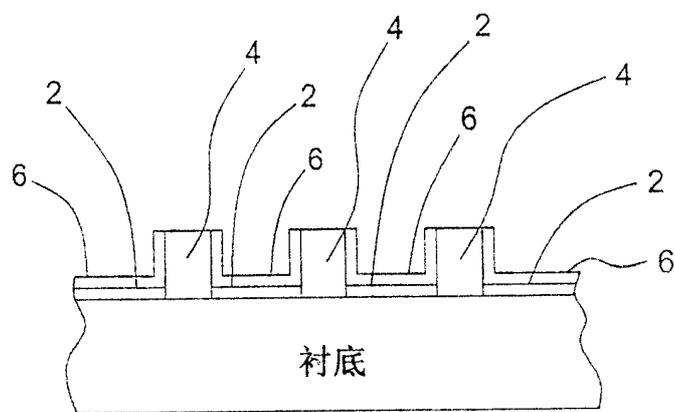
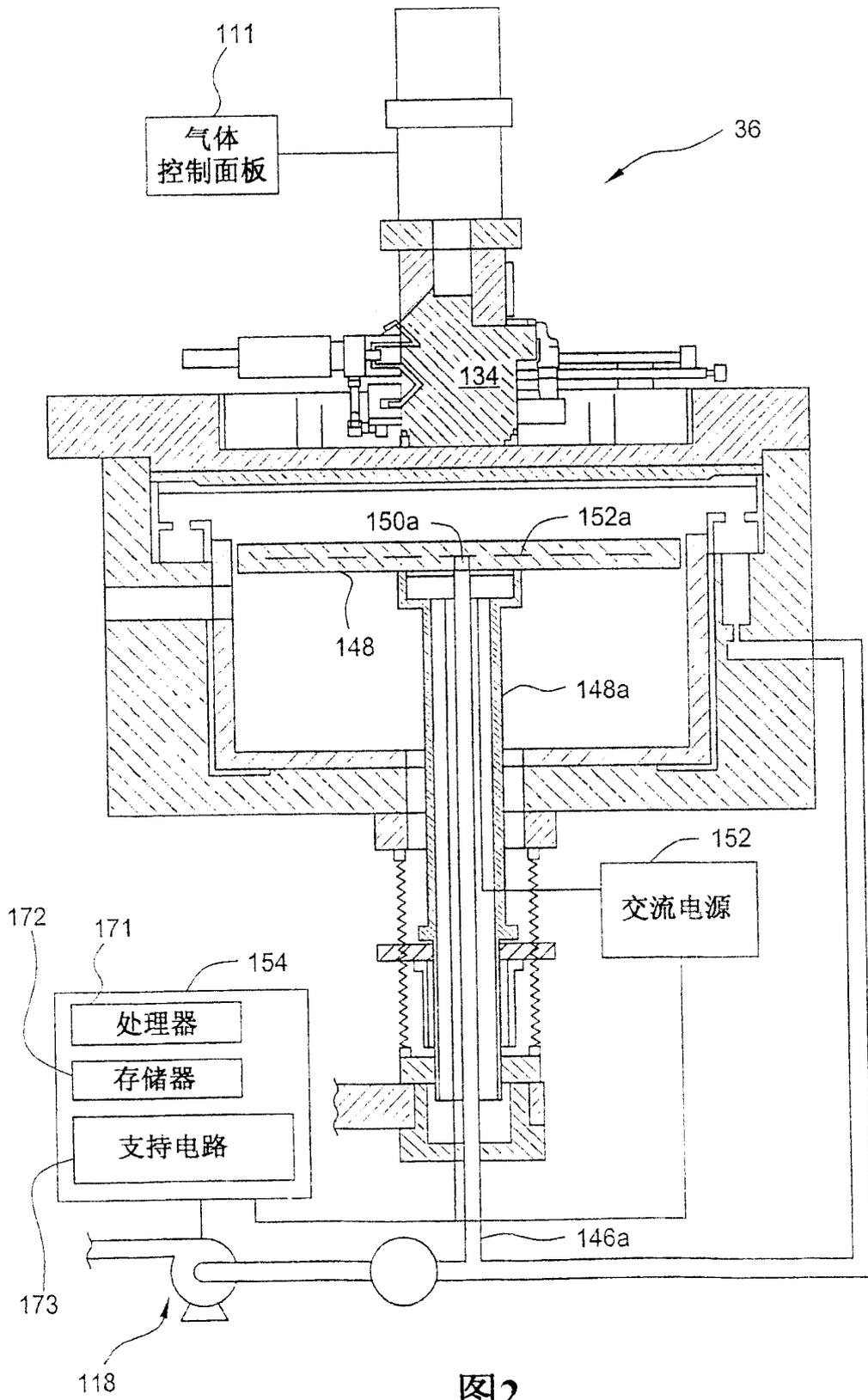


图1



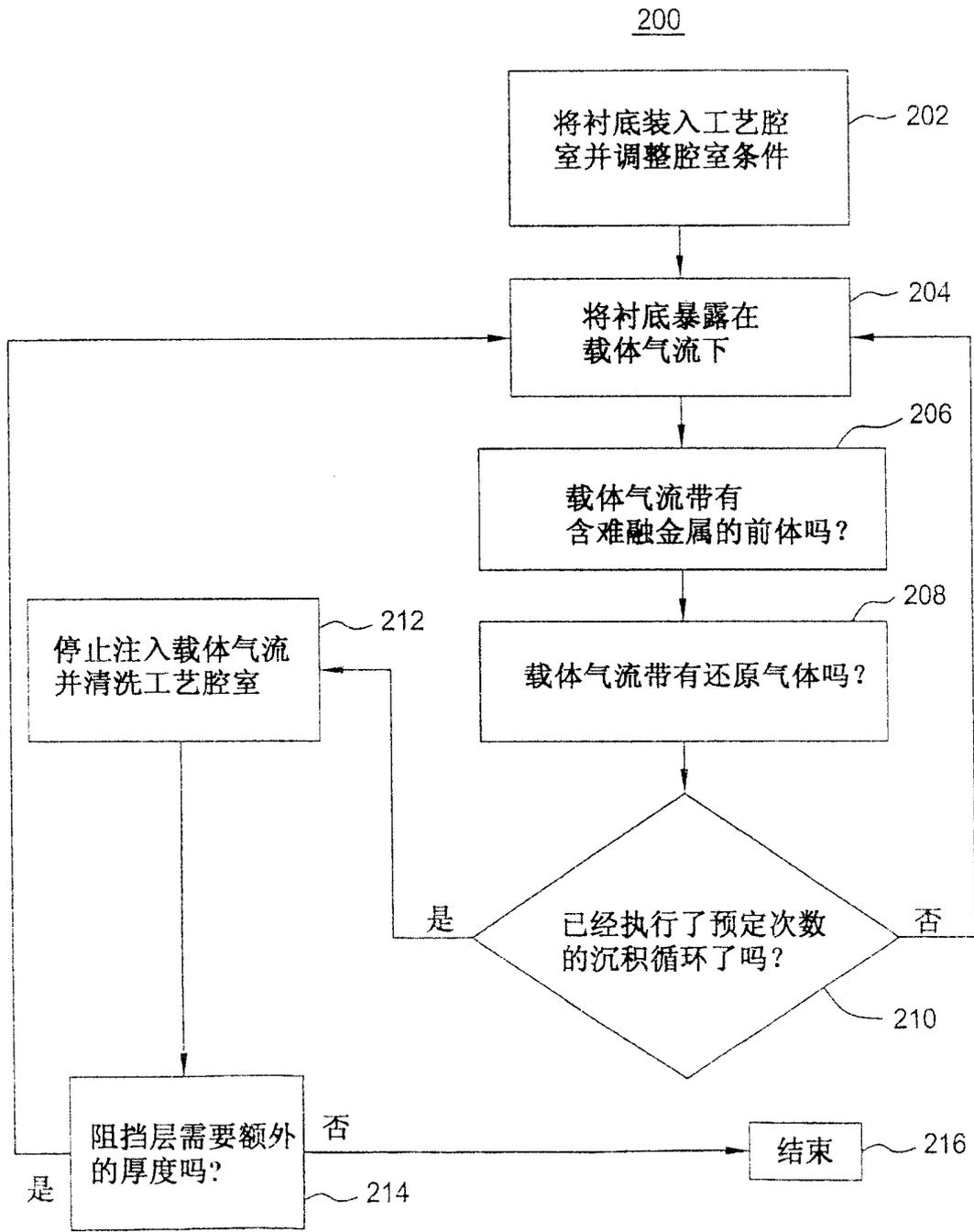


图3

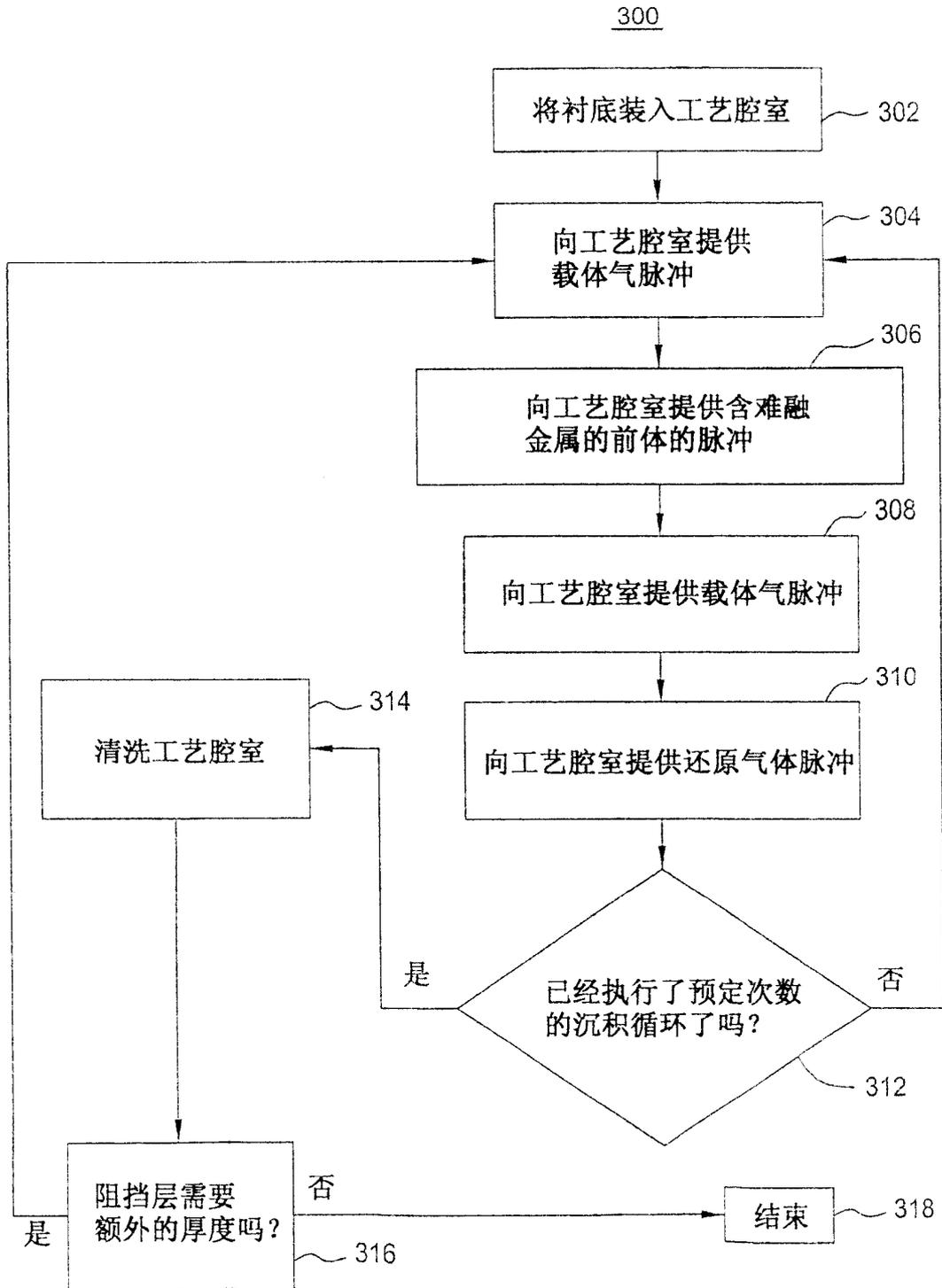


图4

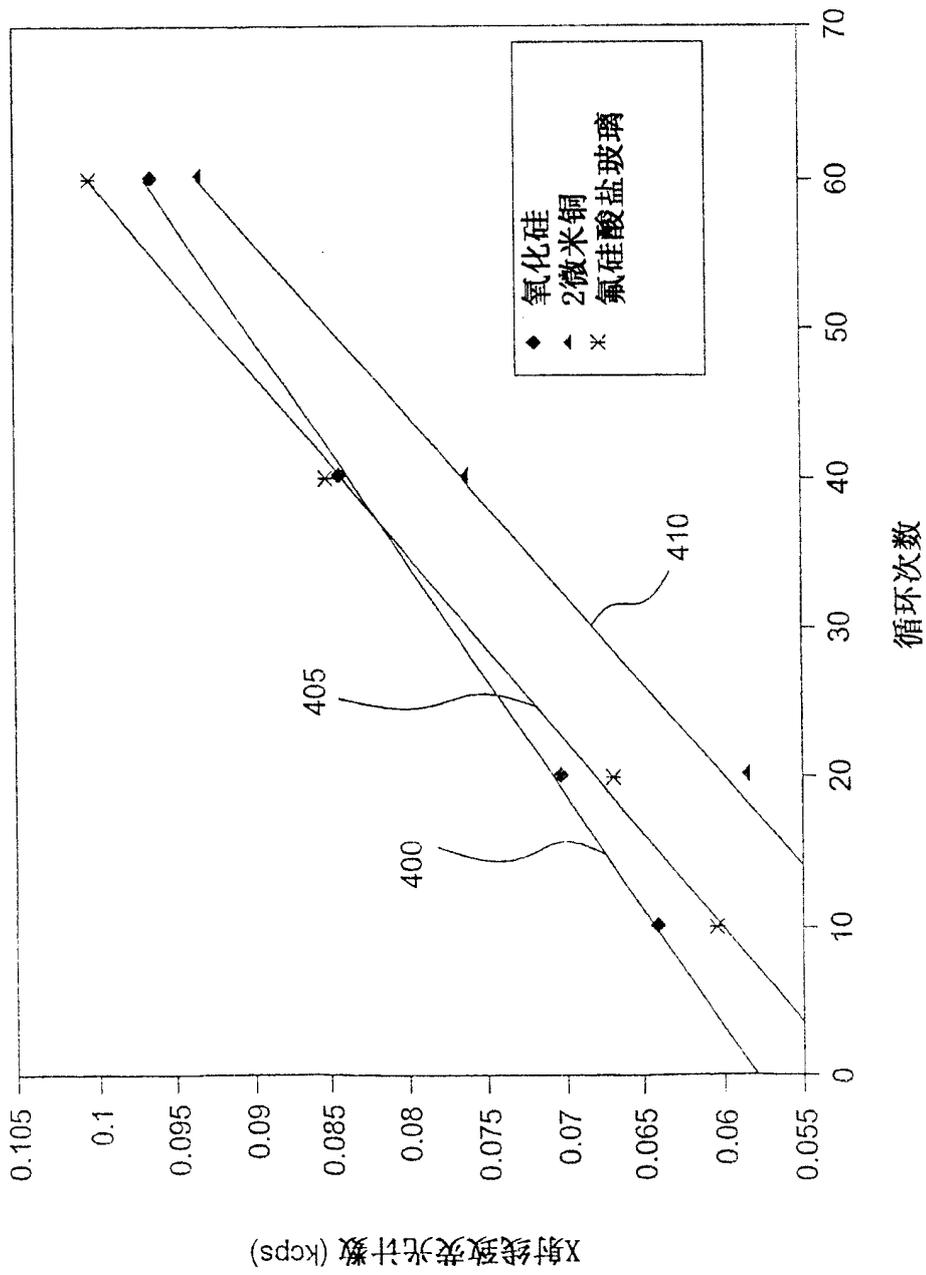


图5A

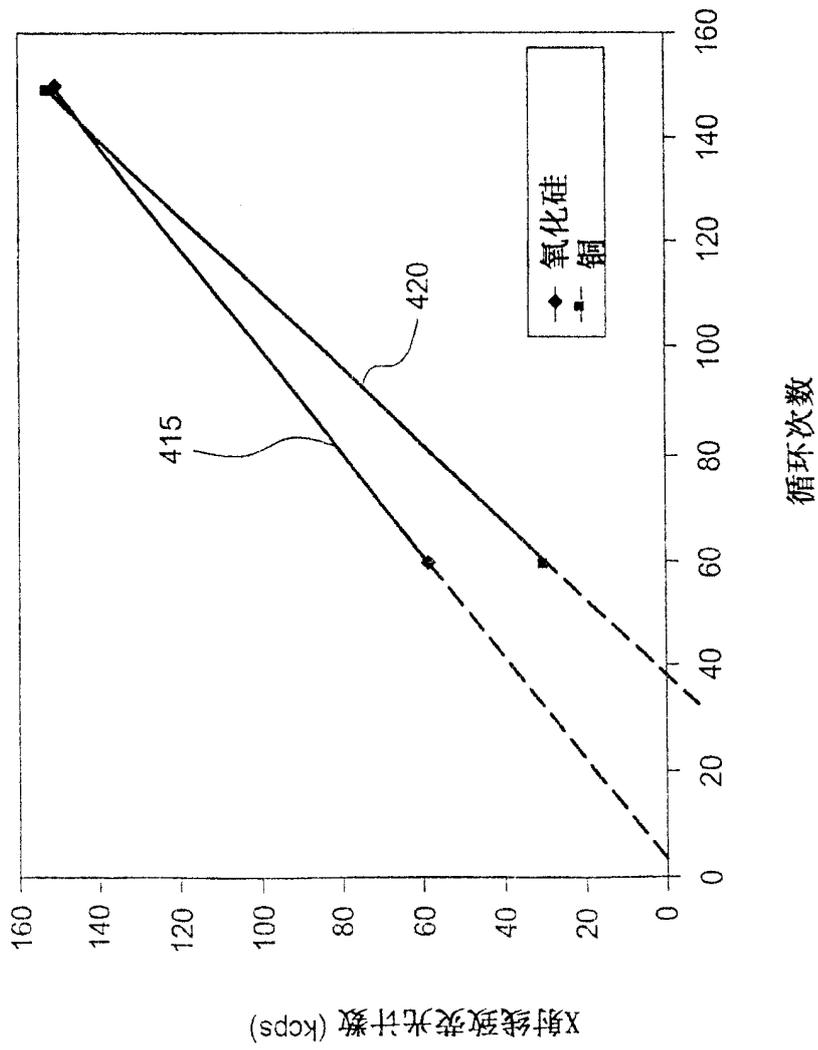


图5B

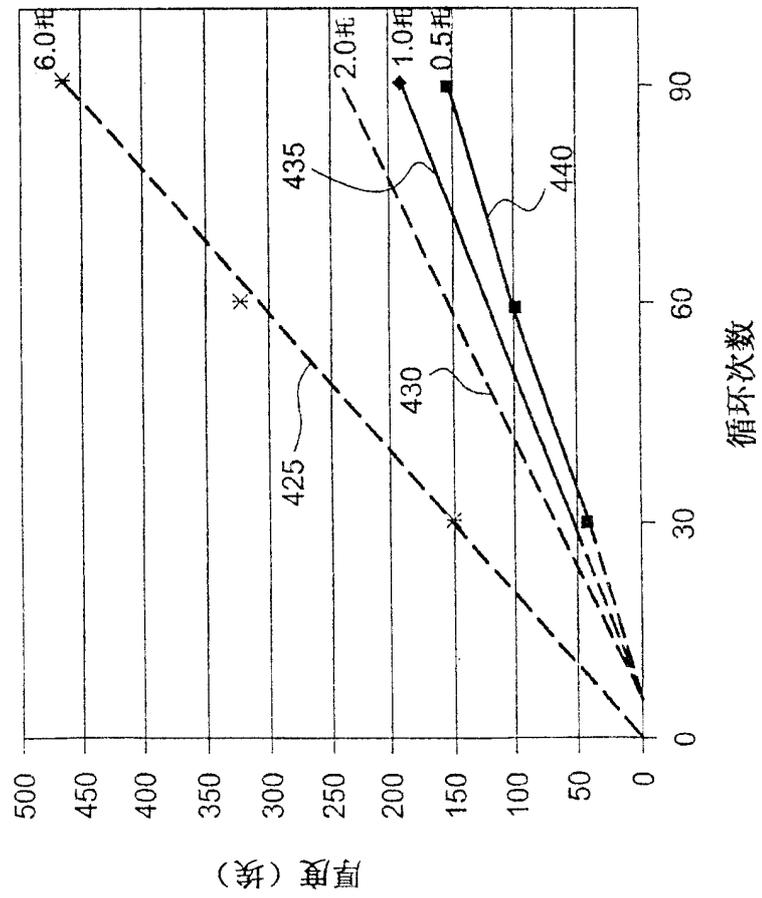


图5C

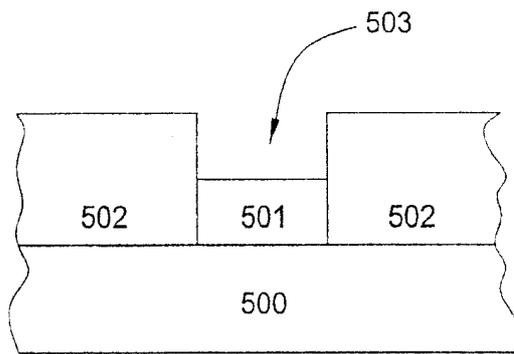


图6A

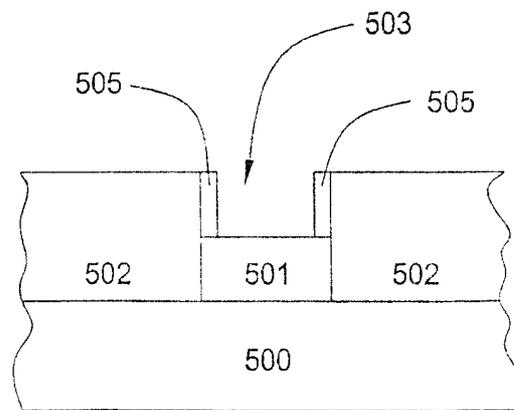


图6B

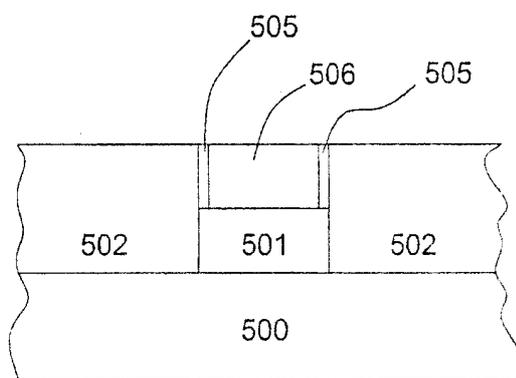


图6C