

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C23C 16/44 (2006.01)

C23C 16/30 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710187101.4

[43] 公开日 2008年5月28日

[11] 公开号 CN 101187012A

[22] 申请日 2007.11.14

[21] 申请号 200710187101.4

[30] 优先权

[32] 2006.11.14 [33] US [31] 11/559,486

[71] 申请人 应用材料股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 梅特伊·马哈贾尼

[74] 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司

代理人 徐金国

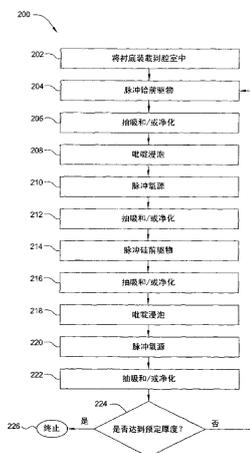
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 6 页

## [54] 发明名称

催化剂辅助的高 K 材料的硅酸盐的沉积方法

## [57] 摘要

本发明公开一种高 - k 硅酸盐原子层沉积方法。为了产生硅酸钪层，衬底可暴露于钪前驱物、氧化剂脉冲、硅前驱物脉冲和其它氧化剂脉冲。催化剂可额外地与一种或多种反应物穿过分离的入口流入腔室中。选择性地，催化剂可在反应物引入到浸泡程序之前流入到腔室。通过穿过分离的入口协流催化剂或者通过执行催化剂浸泡，硅酸钪形成可在快速和/或在低温下执行。



1. 一种高-k 硅酸盐沉积方法，顺序地包含：
  - (a) 在腔室中放置至少一个衬底；
  - (b) 将所述至少一个衬底暴露于高-k 前驱物；
  - (c) 将所述至少一个衬底暴露于第一催化剂浸泡；
  - (d) 将所述至少一个衬底暴露于第一氧化源；
  - (e) 将所述至少一个衬底暴露于硅前驱物；
  - (f) 将所述至少一个衬底暴露于第二催化剂浸泡；以及然后
  - (g) 将所述至少一个衬底暴露于第二氧化源。
2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在所述第一和第二催化剂浸泡中使用的所述催化剂选自吡啶和氨。
3. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述硅前驱物选自六氯乙硅烷和四-乙氧基-硅烷。
4. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，进一步包含：  
将所述至少一个衬底暴露于净化气体。
5. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述高-k 前驱物是选自 TDMAH、TEMAH、TDEAH 和  $\text{HfCl}_4$  的铪前驱物。
6. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，进一步包含：  
重复 (b) - (g) 步骤一次或多次。
7. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一和第二氧化源选自  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{O}_3$ 、 $\text{O}_2$  或氧自由基。
8. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在所述第一和第二催化剂浸泡中使用的所述催化剂是相同的。
9. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述硅前驱物包含六氯乙硅烷并且所述第一和第二催化剂浸泡包含吡啶作为催化剂。
10. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述硅前驱物包含四-乙氧基-硅烷并且所述第一和第二催化剂浸泡包含氨作为催化剂。
11. 一种高-k 硅酸盐沉积方法，顺序地包含：
  - (a) 将至少一个衬底放置在腔室中；

(b) 将所述至少一个衬底暴露于高-k 前驱物；

(c) 将所述至少一个衬底暴露于第一氧化源和第一催化剂，所述第一催化剂和第二氧化源经过分离的入口流入所述腔室中；

(d) 将所述至少一个衬底暴露于硅前驱物；以及然后

(e) 将所述至少一个衬底暴露于第二氧化源和第二催化剂，所述第二催化剂和所述第二氧化源经过分离的入口流入所述腔室中。

12. 根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述第一和第二催化剂选自吡啶和氨。

13. 根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述硅前驱物选自六氯乙硅烷和四-乙氧基-硅烷。

14. 根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，进一步包含：  
将所述至少一个衬底暴露于净化气体。

15. 根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述高-k 前驱物是选自 TDMAH、TEMAH、TDEAH 和  $\text{HfCl}_4$  的铪前驱物。

16. 根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，进一步包含：  
重复 (b) - (e) 步骤一次或多次。

17. 根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述第一和第二氧化源选自  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{O}_3$ 、 $\text{O}_2$  或氧自由基。

18. 根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述硅前驱物包含六氯乙硅烷并且所述第一和第二催化剂浸泡包含吡啶作为催化剂。

19. 根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述硅前驱物包含四-乙氧基-硅烷并且所述第一和第二催化剂浸泡包含氨作为催化剂。

20. 一种高-k 硅酸盐沉积方法，顺序地包含：

将至少一个衬底放置在腔室中；

将所述至少一个衬底暴露于铪前驱物；

将所述至少一个衬底暴露于水和吡啶，所述水和吡啶经过分离的入口流入所述腔室中。

将所述至少一个衬底暴露于六氯乙硅烷；以及然后

将所述至少一个衬底暴露于水和吡啶，所述水和吡啶经过分离的入口流入所述腔室中。

## 催化剂辅助的高 K 材料的硅酸盐的沉积方法

### 技术领域

本发明主要涉及一种通过原子层沉积 (ALD) 在衬底上沉积硅酸铪层的方法。

### 背景技术

在半导体处理领域、平板显示器处理或其它电子器件处理中, 气相沉积工艺在将材料沉积到衬底上起重要作用。随着电子器件的几何尺寸持续缩减而器件密度持续增加, 部件的尺寸和深宽比变得越来越有挑战性。因此, 材料共形沉积以形成这些器件变得越来越重要。

虽然已经证明传统的化学气相沉积 (CVD) 可成功用于下降到约  $0.15\mu\text{m}$  的器件几何尺寸和深宽比, 但是更有挑战性的器件几何尺寸需要可选的沉积技术。引起相当大关注的一种技术是 ALD。在 ALD 工艺期间, 反应气体顺序引入到包含衬底的工艺腔室中。一般地, 第一反应物脉冲到工艺腔室中且被吸附在衬底表面上。然后, 第二反应物被脉冲到工艺腔室中并与第一反应物反应以形成沉积材料。抽吸和/或净化步骤可在每种反应物气体的输送期间实施。净化步骤可由载气连续净化或在反应物气体的输送之间脉冲净化。

通过 ALD 形成硅酸铪是本领域中公知的工艺。在通过 ALD 形成硅酸铪中, 铪前驱物可脉冲到伴有氧化源的腔室中。之后, 硅前驱物脉冲到伴有氧气源的腔室中。当沉积高-k 硅酸盐时, 氧化源存在许多挑战, 原因在于氧化源与催化剂的反应。

因此, 在该领域中需要一种在 ALD 中沉积催化剂辅助的高-k 材料的硅酸盐的方法。

### 发明内容

本发明公开一种硅酸铪 ALD 方法以作为高-k 硅方法的示例。为了产生硅酸铪层, 衬底可暴露于铪前驱物脉冲、氧化剂脉冲、硅前驱物脉冲和其它氧化

剂脉冲。催化剂可额外地与一种或多种反应物穿过分离的入口同向流入腔室中。选择性地，催化剂可在反应物引入到浸泡程序之前流入到腔室。通过穿过分离的入口协流催化剂或者通过执行催化剂浸泡，硅酸钪形成可在快速和/或在低温下执行。

在一个实施方式中，公开一种硅酸钪沉积方法。该方法包含顺序地将衬底放置在腔室中，将该衬底暴露于钪前驱物，将该衬底暴露于第一催化剂浸泡，将该衬底暴露于第一氧化源，将该衬底暴露于硅前驱物，将该衬底暴露于第二催化剂浸泡，以及然后将该衬底暴露于第二氧化源。

在其它实施方式中，公开一种硅酸钪沉积方法。该方法包含顺序地将衬底放置在腔室中；将该衬底暴露于钪前驱物；将该衬底暴露于第一氧化源以及第一硅化剂，其中该第一催化剂和第一氧化源穿过分离的入口流入腔室中；将该衬底暴露于硅前驱物；以及然后将该衬底暴露于第二氧化源和第二催化剂，其中该第二催化剂和第二氧化源穿过分离的入口流入腔室中。

在又一实施方式中，公开一种硅酸钪沉积方法。该方法包含顺序地将衬底放置在腔室中；将该衬底暴露于钪前驱物；将该衬底暴露于水和吡啶，其中所述水和吡啶穿过分离的入口流入腔室中；将该衬底暴露于六氯乙硅烷，以及然后将该衬底暴露于水和吡啶，其中该水和吡啶穿过分离的入口流入腔室中。

## 附图简要说明

为了能详细理解本发明的以上所述特征，将参照实施方式对以上的概述进行更加详细的描述，其中部分实施方式在附图中示出。然而，应该理解，附图仅示出了本发明的典型实施方式，因此不应理解为本发明范围的限定，因为本发明还承认其它等效实施方式。

图 1A 是根据本发明的一个实施方式的装置 100 的示意性视图；

图 1B 是根据本发明的一个实施方式的注射器的示意性视图；

图 2 是根据本发明的一个实施方式的沉积方法的流程图 200；

图 3 是根据本发明的另一实施方式的沉积方法的流程图 300；

图 4 是根据本发明又一实施方式的沉积方法的流程图 400；

图 5 是根据本发明的再一实施方式的沉积方法的流程图 500；

为了便于理解，尽可能使用相同的附图标记表示图中共有的相同元件。预

期在一个实施方式中公开的元件可以有利地用于其它实施方式而不用特殊叙述。

### 具体实施方式

描述硅酸钪 ALD 方法为高-k 硅方法的示例。为了产生硅酸钪层，衬底可暴露于钪前驱物的脉冲、氧化剂的脉冲、硅前驱物的脉冲和其它氧化剂的脉冲。硅化剂可额外地穿过分离的入口与一种或多种反应物协流到腔室中。可选地，硅化剂可在反应物引入到浸泡工序之前流入到腔室。通过穿过分离的入口与催化剂协流或者通过执行催化剂浸泡，硅酸钪形成工艺可以快速和/或在低温下执行。

图 1A 是根据本发明的一个实施方式的装置 100 的示意性视图。装置 100 包含真空腔室 102。装置 100 可为包含其上放置衬底 104 的一个或多个基座 106 的批处理装置 100。在一个实施方式中，装置 100 可为单一的衬底 104 装置。在另一实施方式中，可使用晶圆舟，其可容纳一个或多个衬底而不用基座。其有利于同时处理多个衬底 104，从而增加产量。批处理的一个问题在于保持晶圆到晶圆的均匀性。

前驱物可穿过注射送气室 108 送入到装置 100。注射送气室 108 可包含一起围绕并限定注射送气腔 122 的气室壁 110 和注射板 114。注射板 114 具有多个孔 116，前驱气体、净化气体和载气穿过该多个孔可流入 120 到真空腔室 102。注射板 114 将注射送气室 108 与真空腔室 102 分离，使得真空腔室 102 是注射送气室 108 的低压侧部 112。前驱气体、净化气体和载气可穿过导管 118a-118d 引入到注射送气室 108。

装置 100 可穿过排气增压室 124 排气。排气增压室可包含围绕并限定排气增压室 128 的排气板 126 和气室壁 130。多个孔 132 可存在于排气板 126 中。气体可穿过排气口 136 从排气增压室 124 排出。

额外的气体可穿过导管 134 引入到排气增压室 124。额外的气体可除去或转化反应副产物，否则其将凝聚在排气增压室 124 和真空腔室 102 的表面上。节流阀 138 可控制真空腔室 102 的压力。

当通过 ALD 形成高-k 硅酸盐时，可将高-k 前驱物，诸如钪前驱物输送至装置 100。可用于沉积硅酸钪层的示例性钪前驱物包括包含配体的化合物诸如

卤化物、烷氨基、环戊二烯基、烷基、醇化物及其派生物或组合。用于钪前驱物的硅酸钪化合物可包括  $\text{HfCl}_4$ 、 $\text{HfI}_4$  和  $\text{HfBr}$ 。用作钪前驱物的钪氨基化合物包括  $(\text{RR}'\text{N})_4\text{Hf}$ ，其中 R 或 R' 为独立的氢、甲基、乙基、丙基或丁基。用于沉积含钪材料的钪前驱物包括  $(\text{Et}_2\text{N})_4\text{Hf}$  (TDEAH)、 $(\text{Me}_2\text{N})_4\text{Hf}$  (TDMAH)、 $(\text{MeEtN})_4\text{Hf}$  (TEMAH)、 $(^t\text{BuC}_5\text{H}_4)_2\text{HfCl}_2$ 、 $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{HfCl}_2$ 、 $(\text{EtC}_5\text{H}_4)_2\text{HfCl}_2$ 、 $(\text{Me}_5\text{C}_5)_2\text{HfCl}_2$ 、 $(\text{Me}_5\text{C}_5)\text{HfCl}_3$ 、 $(^i\text{PrC}_5\text{H}_4)_2\text{HfCl}_2$ 、 $(^i\text{PrC}_5\text{H}_4)\text{HfCl}_3$ 、 $(^t\text{BuC}_5\text{H}_4)_2\text{HfMe}_2$ 、 $(\text{acac})_4\text{Hf}$ 、 $(\text{hfac})_4\text{Hf}$ 、 $(\text{tfac})_4\text{Hf}$ 、 $(\text{thd})_4\text{Hf}$ 、 $(\text{NO}_3)_4\text{Hf}$ 、 $(^t\text{BuO})_4\text{Hf}$ 、 $(^i\text{PrO})_4\text{Hf}$ 、 $(\text{EtO})_4\text{Hf}$ 、 $(\text{MeO})_4\text{Hf}$  或其派生物。

应该理解虽然本发明已经在以上关于硅酸钪进行描述，但是本发明还可应用于其它高-k 材料诸如含 Al、Zr、La 和 Sr 的硅酸盐。可使用的高-k 前驱物的实施例可在美国专利申请 No.2006/0019033 A1 中找出，在此引入其全部内容作为参考。

也可将硅前驱物也可输送到装置 100。用于沉积硅酸钪的示例性硅前驱物包括硅烷、烷基硅烷、氨基硅烷、烷氨基硅烷、硅烷醇或烷氧基硅烷。例如，硅前驱物可包括  $(\text{Me}_2\text{N})_4\text{Si}$ 、 $(\text{Me}_2\text{N})_3\text{SiH}$ 、 $(\text{Me}_2\text{N})_2\text{SiH}_2$ 、 $(\text{Me}_2\text{N})\text{SiH}_3$ 、 $(\text{Et}_2\text{N})_4\text{Si}$ 、 $(\text{Et}_2\text{N})_3\text{SiH}$ 、 $(\text{MeEtN})_4\text{Si}$ 、 $(\text{MeEtN})_3\text{SiH}$ 、 $\text{Si}(\text{NCO})_4$ 、 $\text{MeSi}(\text{NCO})_3$ 、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{Si}_2\text{H}_6$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{Si}_2\text{Cl}_6$ 、 $\text{MeSiCl}_3$ 、 $\text{HSiCl}_3$ 、 $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$ 、 $\text{H}_2\text{SiCl}_2$ 、 $\text{MeSi}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Me}_2\text{Si}(\text{OH})_2$ 、 $(\text{MeO})_4\text{Si}$ 、 $(\text{EtO})_4\text{Si}$  或其派生物。其它用作硅前驱物的烷氨基硅烷化合物包括  $(\text{RR}'\text{N})_4\text{SiH}_n$ ，其中 R 或 R' 为独立的氢、甲基、乙基、丙基或丁基。并且  $n=0\sim 3$ 。其它烷氧基硅烷可通过一般化学式  $(\text{RO})_{4-n}\text{SiL}_n$  描述，其中 R=甲基、乙基、丙基或丁基且  $L=\text{H}$ 、 $\text{OH}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{Cl}$ 、 $\text{Br}$  或  $\text{I}$  及其混合物。另外，较高的烷基可用作本发明部分实施方式中的硅前驱物。较高的烷基在共同转让的美国专利申请 No.US 2004/0224089 A1 中公开，在此引入其全部内容作为参考。在部分实施方式中，硅前驱物可包括三(二甲基氨基)硅烷 ( $(\text{Me}_2\text{N})_3\text{SiH}$  或三-DMAS)、四(二甲基氨基)硅烷 ( $(\text{Me}_2\text{N})_4\text{Si}$  或 TDMAS) 或其它二烷基氨基硅烷，而在其它实施方式中硅前驱物可包含硅烷 ( $\text{SiH}_4$ ) 或硅烷醇。在又一实施方式中，硅前驱物可包含六氯乙硅烷 (HCDS)。在再一实施方式中，硅前驱物可包含四-乙氧基-硅烷 (TEOS)。

用于在 ALD 工艺中形成硅酸钪的氧化源可包含氧气 ( $\text{O}_2$ )、臭氧 ( $\text{O}_3$ )、原子氧 ( $\text{O}$ )、过氧化氢 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )、一氧化二氮 ( $\text{N}_2\text{O}$ )、一氧化氮 ( $\text{NO}$ )、五氧

化二氮 ( $\text{N}_2\text{O}_5$ )、二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ )、水 ( $\text{H}_2\text{O}$ )、乙醇及其派生物或组合。在示例性实施方式中, 氧化源包含水 ( $\text{H}_2\text{O}$ )。

当使用水作为氧化源时, 供应催化剂以允许 ALD 与在不存在催化剂情形下发生相比在较快速度和较低温度下进行。可使用的催化剂的实施例包括氨和吡啶。吡啶和水相互作用。因此, 当水和吡啶一起穿过相同的进入导管协流到腔室时, 水和吡啶可在到达腔室之前互相作用。当水和吡啶相互作用时, 吡啶不再有效地用作催化剂, 因此不增加 ALD 沉积速度。

为了避免水和吡啶在达到腔室之前互相作用, 吡啶和水可使用分离的输送导管分离注射送气室而协流到腔室。图 1B 是根据本发明的一个实施方式的注射送气室 108a-c 的示意性视图。如在图 1B 中所示, 每个导管 118a-118d 送入到分离的注射送气室 108a-108d。因此, 可防止吡啶-水的相互作用直到吡啶和水达到腔室。

硅前驱物诸如 HCDS 和 TEOS 与铪前驱物诸如 TDMAH、TEMAH、TDEAH 和  $\text{HfCl}_4$  不与吡啶相互作用。因此, 硅前驱物和吡啶可使用相同的导管和注射送气室协流到腔室。在一个实施方式中, 吡啶和硅前驱物可使用相同的导管和注射送气室流到腔室。在另一实施方式中, 吡啶和硅前驱物可使用分离的导管和注射送气室流到腔室。另外, 铪前驱物和吡啶可使用相同的导管和注射送气室协流到腔室。在一个实施方式中, 吡啶和铪前驱物可使用相同的导管和注射送气室流到腔室。另一实施方式中, 吡啶和铪前驱物可使用分离的导管和注射送气室流到腔室。

使用分离注射送气室和导管协流吡啶和水的可选实施例为在将水引入到腔室之前将衬底暴露于吡啶浸泡剂。吡啶浸泡可包含将衬底暴露于吡啶而不用引入其它前驱物或氧化剂诸如水。衬底可暴露于吡啶足以用吡啶使衬底饱和的时间。在一个实施方式中, 吡啶浸泡进行大于约 10 秒的时间。通过执行吡啶浸泡, 足够的催化剂可存在于腔室内和衬底表面, 以确保当引入水前驱物时存在催化剂。由于吡啶已经在腔室中, 所以所有的吡啶不会通过在到达腔室之前与水相互作用而消耗。当执行吡啶浸泡时, 额外的吡啶可根据需要与氧化剂协流, 与硅前驱物协流, 以及与铪前驱物协流。在一个实施方式中, 当硅前驱物和随后的水输送到腔室时, 执行吡啶浸泡并且吡啶持续流到腔室中。在另一实施方式中, 执行吡啶浸泡并且在水输送和硅前驱物输送期间停止吡啶输送。在

又一实施方式中，当铅前驱物以及随后水输送到腔室时，吡啶浸泡执行并且吡啶持续流到腔室中。在再一实施方式中，在水输送和铅前驱物输送期间，执行吡啶浸泡并停止吡啶输送。吡啶允许在低温诸如从约 100 摄氏度到约 300 摄氏度下发生反应。在一个实施方式中，温度范围为约 150 摄氏度到约 200 摄氏度。随着温度降低，硅酸铅的生长速度增加。

当使用氨作为催化剂时，用与以上关于吡啶浸泡相似的方式执行氨浸泡。氨可与铅和硅前驱物使用相同或分离的入口协流到腔室。当前驱物流到腔室时，还可停止氨流。当将氧化源提供到腔室时，可额外地将氨提供到腔室。可使用相同的入口或使用与氧化源分离的入口提供氨。另外，在引入氧化源之前，氨浸泡可存在或不存在。

图 2 是根据本发明的一个实施方式的沉积方法的流程图 200。首先，一个或多个衬底可放置到工艺腔室中（步骤 202）。然后，衬底可可选地暴露于吡啶浸泡。吡啶浸泡发生至少 10 秒。在可选的吡啶浸泡之后，铅前驱物的脉冲引入到腔室（步骤 204）。当铅前驱物引入到腔室时，可选地将吡啶提供到腔室。

在铅前驱物脉冲之后，可净化和/或抽吸腔室（步骤 206）。可使用的示例性净化气体包括诸如氩的惰性气体。在一个实施方式中，净化气体可包含氮气。可抽吸腔室以去除净化气体和可能存在于腔室中的任何残留铅前驱物。在一个实施方式中，不执行抽吸步骤，从而仅执行净化步骤。可选地，可去除净化步骤，从而抽吸腔室以去除铅前驱物。在一个实施方式中，抽吸可发生在净化气体引入之前和之后。在另一实施方式中，净化和抽吸步骤都可重复。抽吸和/或净化可发生多次。在又一实施方式中，净化和抽吸可结合为一个步骤。

在抽吸和/或净化之后，可发生吡啶浸泡（步骤 208）。在第一吡啶浸泡之后，氧源诸如水的脉冲可引入到腔室（步骤 210）。当氧源引入到腔室时，吡啶可以可选地协流到腔室中。如果吡啶与水协流到腔室中，则吡啶和水将具有到腔室中的分离入口，以便水和吡啶不通过相同的导管和入口同时流入腔室。

在将氧源脉冲提供到腔室之后，可如上所述抽吸和/或净化腔室（步骤 212）。在抽吸和/或净化之后，可选地进行其它吡啶浸泡。之后，硅前驱物可脉冲到腔室中（步骤 214）。当硅前驱物引入到腔室中时，吡啶可选地提供到腔室中。在硅前驱物脉冲之后，可再次抽吸和/净化腔室（步骤 216）。

在抽吸和/或净化之后，衬底可暴露于其它吡啶浸泡（步骤 218）。吡啶浸泡可在以上所述的存在吡啶浸泡的相同处理条件下发生。在吡啶浸泡之后，氧化源诸如  $H_2O$  的脉冲可引入到腔室（步骤 220）。由于吡啶还从浸泡步骤存在于腔室内，所以存在足够的吡啶用作催化剂。在将衬底暴露于氧化源诸如  $H_2O$  之后，可在如以上所述条件下执行其它抽吸和/或净化循环（步骤 222）。

在抽吸和/或净化腔室之后，可测量硅酸铅层的厚度以确定是否已经达到预定的硅酸铅厚度（步骤 224）。如果还没有达到预定厚度，则可重复沉积工序。如果已经达到了预定厚度，则工艺终止（步骤 226）。

图 3 是根据本发明的另一实施方式的沉积方法的流程图 300。首先，将一个或多个衬底放置在工艺腔室中（步骤 302）。然后衬底可选地暴露于氨浸泡。氨浸泡发生至少 10 秒。在可选的氨浸泡之后，可将铅前驱物的脉冲引入到腔室（步骤 304）。当铅前驱物引入到腔室时，可选地将氨提供到腔室。

在铅前驱物的脉冲之后，可如上所述净化和/或抽吸腔室（步骤 306）。在抽吸和/或净化之后，可发生氨浸泡（步骤 308）。在氨浸泡之后，氧源诸如水的脉冲可引入到腔室（步骤 310）。当氧源引入到腔室时，氨可选地协流到腔室中。可穿过相同的导管或穿过分离的导管将氨和氧源诸如水提供到腔室。

在已经将氧源脉冲提供到腔室之后，可如上所述在此抽吸和/或净化腔室（步骤 312）。在抽吸和/或净化之后，可选地发生其它氨浸泡。之后，硅前驱物可脉冲至腔室中（步骤 314）。当硅前驱物引入到腔室中时，可选地将氨提供到腔室。在硅前驱物脉冲之后，可再次抽吸和/或净化腔室（并步骤 316）。

在抽吸和/或净化之后，衬底可暴露于其它氨浸泡（步骤 318）。氨浸泡可在对于以上所述的氨浸泡相同的处理条件下发生。在氨浸泡之后，氧源诸如  $H_2O$  脉冲可引入到腔室（步骤 320）。在衬底暴露于氧源诸如  $H_2O$  之后，可在如以上所述的条件下执行其它抽吸和/或净化循环（步骤 322）。

在已经抽吸和/或净化腔室之后，可测量硅酸铅的厚度以确定是否已经达到预定的硅酸铅厚度（步骤 324）。如果还没有达到预定厚度，则重复沉积工序。如果已经达到了预定厚度，则工艺终止（步骤 326）。

图 4 是根据本发明的又一实施方式的沉积方法的流程图 400。首先，将一个或多个衬底放置在工艺腔室中（步骤 402）。可将铅前驱物的脉冲引入到腔室（步骤 404）。吡啶可选地与铅前驱物以以上所述的相似方式协流到腔室。

在铅前驱物脉冲之后，可如上所述净化和/或抽吸腔室（步骤 406）。

在抽吸和/或净化之后，将氧源诸如水的脉冲引入到腔室（步骤 408）。在将氧源引入到腔室时，吡啶可协流到腔室中。吡啶和水将以分离的入口流入腔室，从而水和吡啶不通过相同的导管和入口同时流入腔室。

在已经将氧源和吡啶脉冲提供到腔室之后，可如上所述在此抽吸和/或净化腔室（步骤 410）。之后，硅前驱物可脉冲到腔室中（步骤 412）。吡啶可选地与硅前驱物用以上所述的相似方式协流到腔室。在硅前驱物脉冲之后，可在此抽吸和/或净化腔室（步骤 414）。

在抽吸和/或净化之后，可将氧源诸如  $H_2O$  的脉冲引入到腔室（步骤 416）。当将氧源引入到腔室时，吡啶可协流到腔室中。吡啶和水将具有分离的入口流入腔室，以便水和吡啶不通过相同的导管和入口同时流入腔室。在将衬底暴露于氧源诸如  $H_2O$  之后，可在以上所述的条件下执行其它抽吸和/或净化循环（步骤 418）。

在已经抽吸和/或净化腔室之后，可测量硅酸铅层的厚度以确定是否已经达到了预定硅酸铅厚度（步骤 420）。如果还没有达到预定厚度，则重复沉积工序。如果已经达到了预定厚度，则工艺终止（步骤 422）。

图 5 是根据本发明的再一实施方式的沉积方法的流程图 500。首先，将一个或多个衬底放置在工艺腔室中（步骤 502）。可将铅前驱物的脉冲引入到腔室（步骤 504）。氨可选地与铅前驱物用于以上所述的相似方式协流到腔室。在铅前驱物脉冲之后，可如上所述净化和/或抽吸腔室（步骤 506）。

在抽吸和/或净化之后，可将氧源诸如水的脉冲引入到腔室（步骤 508）。当将氧源引入到腔室时，氨可协流入腔室。水和氨可穿过不同的导管和入口或穿过相同的导管和入口协流。

在已经将氧源脉冲和氨提供到腔室之后，可如上所述再次抽吸和/或净化腔室（步骤 510）。之后，硅前驱物脉冲入腔室中（步骤 512）。氨可选地与硅前驱物用以上所述的方式协流入腔室。在硅前驱物脉冲之后，可再次抽吸和/或净化腔室（步骤 514）。

在抽吸和/或净化之后，氧源诸如  $H_2O$  的脉冲可引入到腔室（步骤 516）。当将氧源引入到腔室时，氨可协流入腔室中。氨和水可如上所述流过相同或分离的导管和入口。在衬底暴露于氧源诸如  $H_2O$  之后，可在以上所述的条件下

执行其它抽吸和/或净化循环（步骤 518）。

在已经抽吸和/或净化腔室之后，可测量硅酸铅层的厚度以确定是否已经达到了预定硅酸铅厚度（步骤 520）。如果还没有达到预定厚度，则重复沉积工序。如果已经达到了预定厚度，则工艺终止（步骤 522）。

应该理解，当参照处理一个衬底描述时，还可以处理多个衬底。例如，约 2 个衬底、约 25 个衬底、约 50 个衬底或者约 100 个衬底可在批处理腔室中处理。另外，吡啶浸泡可发生约 1 秒至约 90 分钟或 1 分钟至约 20 分钟的时间周期。可选地，吡啶浸泡可发生约 30 秒至 60 分钟或约 20 分钟至约 40 分钟。在又一可选实施方式中，吡啶浸泡可发生约 1 分钟至约 40 分钟。

通过提供吡啶浸泡和/或穿过分离的导管线路的吡啶和  $H_2O$  协流，足够的吡啶到达腔室，并因此达到衬底表面，以确保吡啶用作催化剂。通过在  $H_2O$  氧化气氛中使用吡啶用作催化剂，硅酸铅 ALD 可在增加的速度下在约 150 摄氏度到约 200 摄氏度的温度范围下发生。另外地，通过提供氨浸泡和/或氨与氧源协流，硅酸铅层可通过 ALD 在增加的速度下在约 150 摄氏度到约 200 摄氏度的温度范围下发生。

虽然 前述涉及本发明的实施方式，但是在不脱离本发明的基本范围的情形下，本发明还承认其它和进一步的实施方式，并且本发明的范围由以下的权利要求书确定。

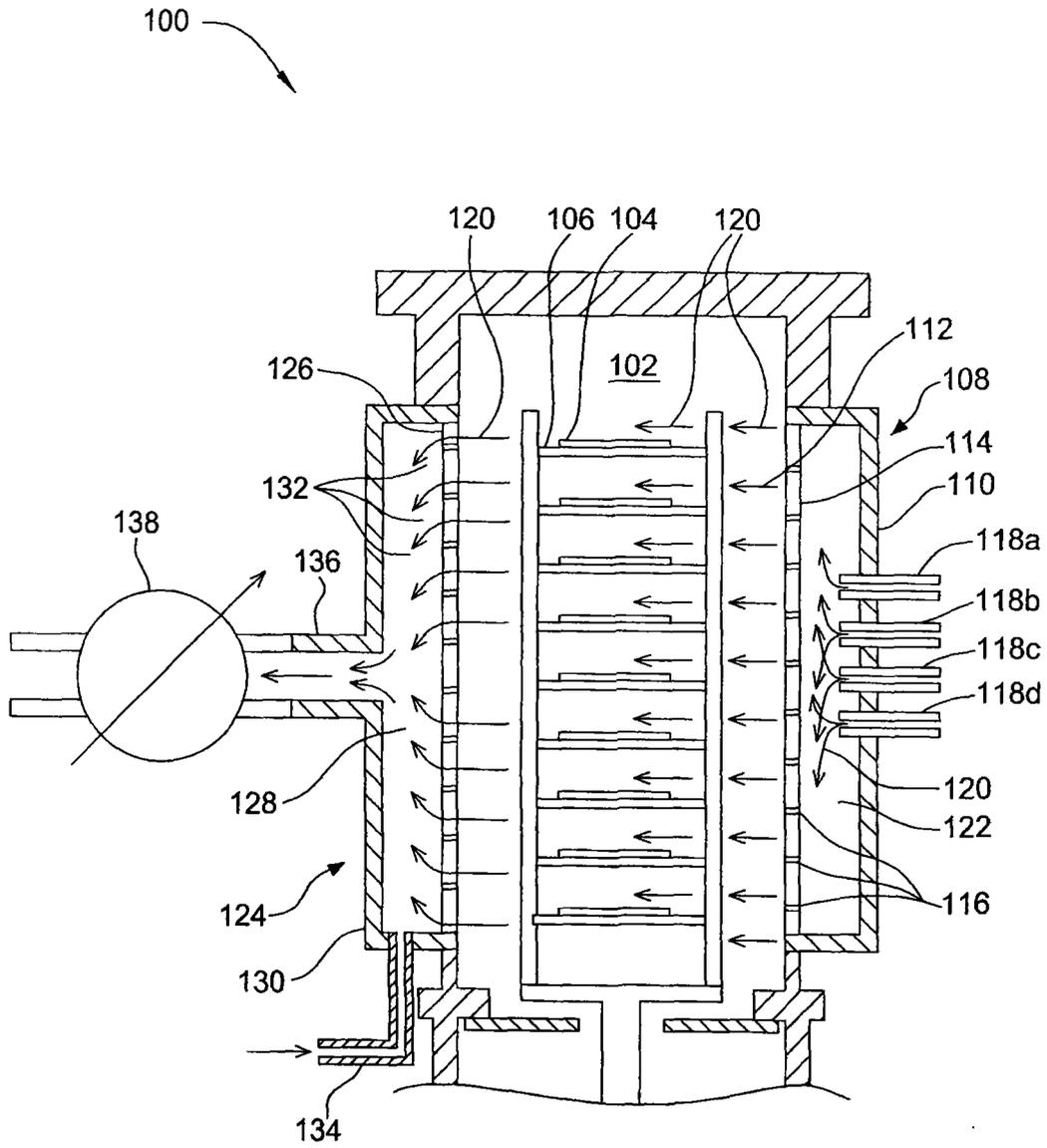


图 1A

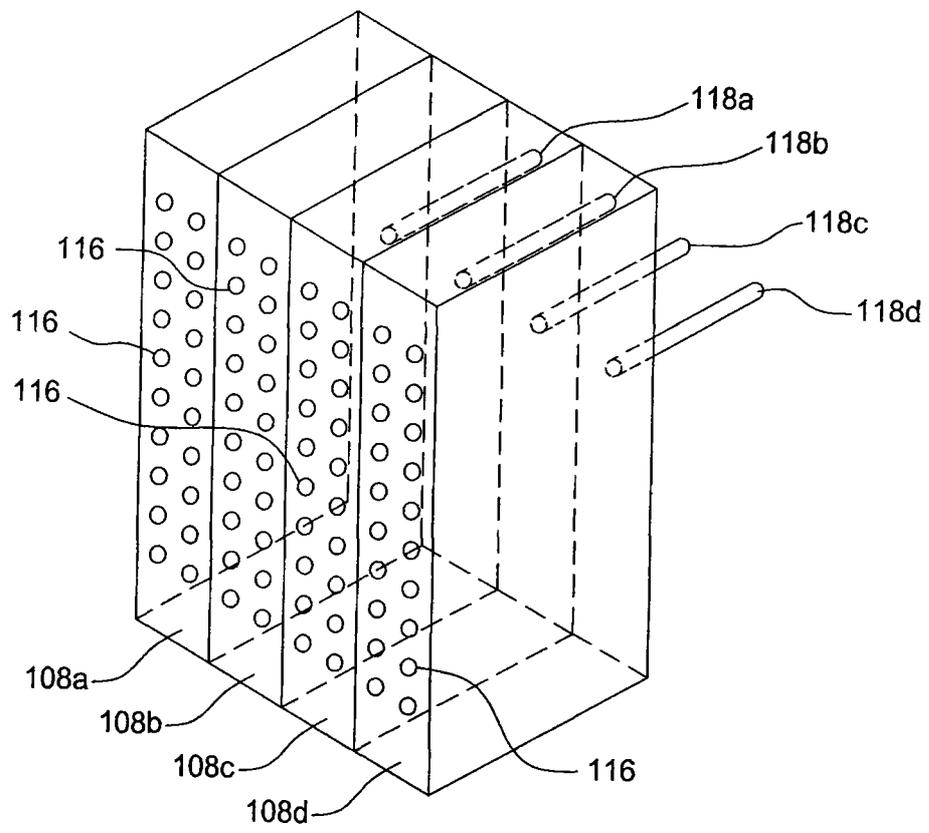


图 1B

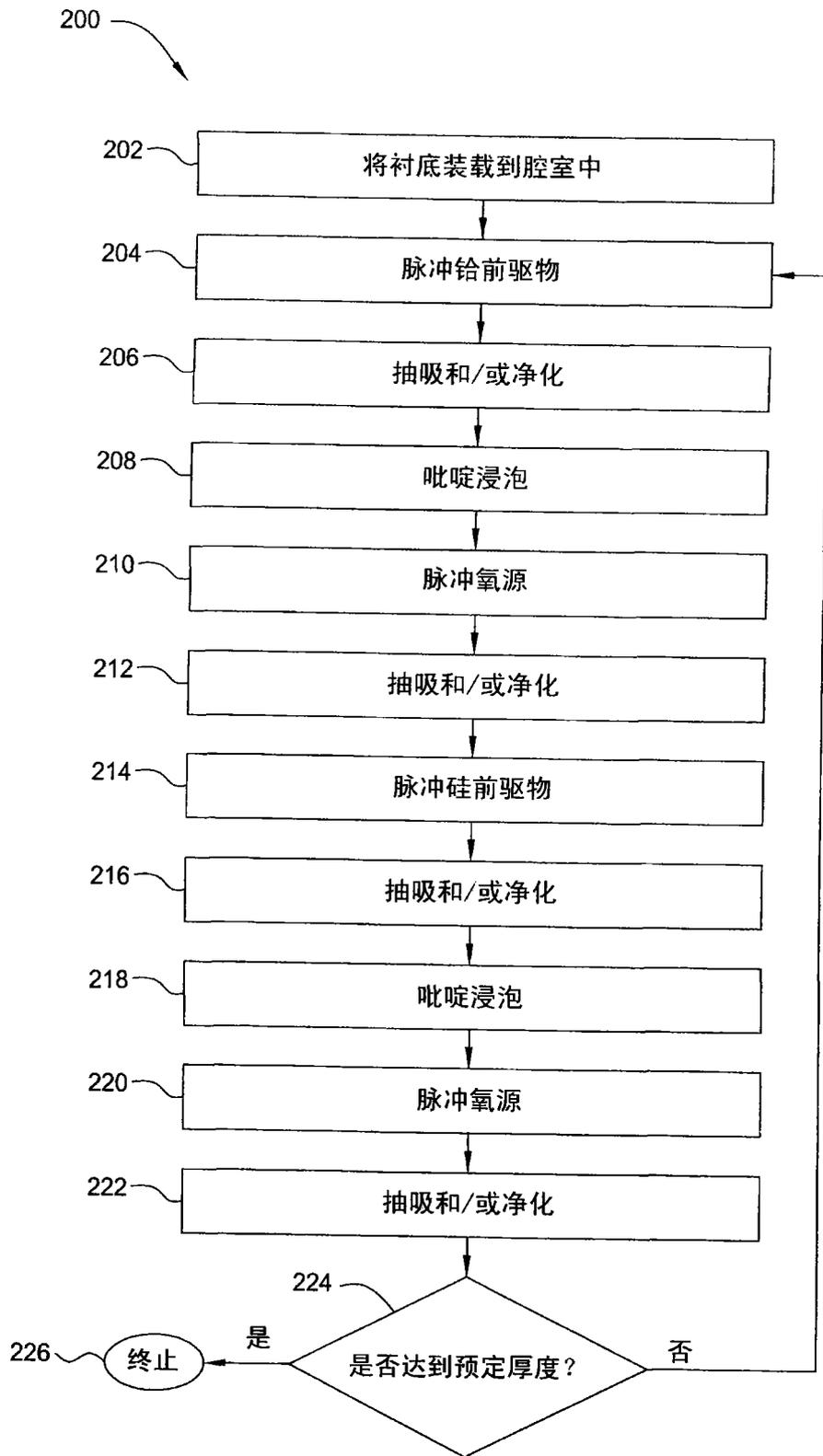


图 2

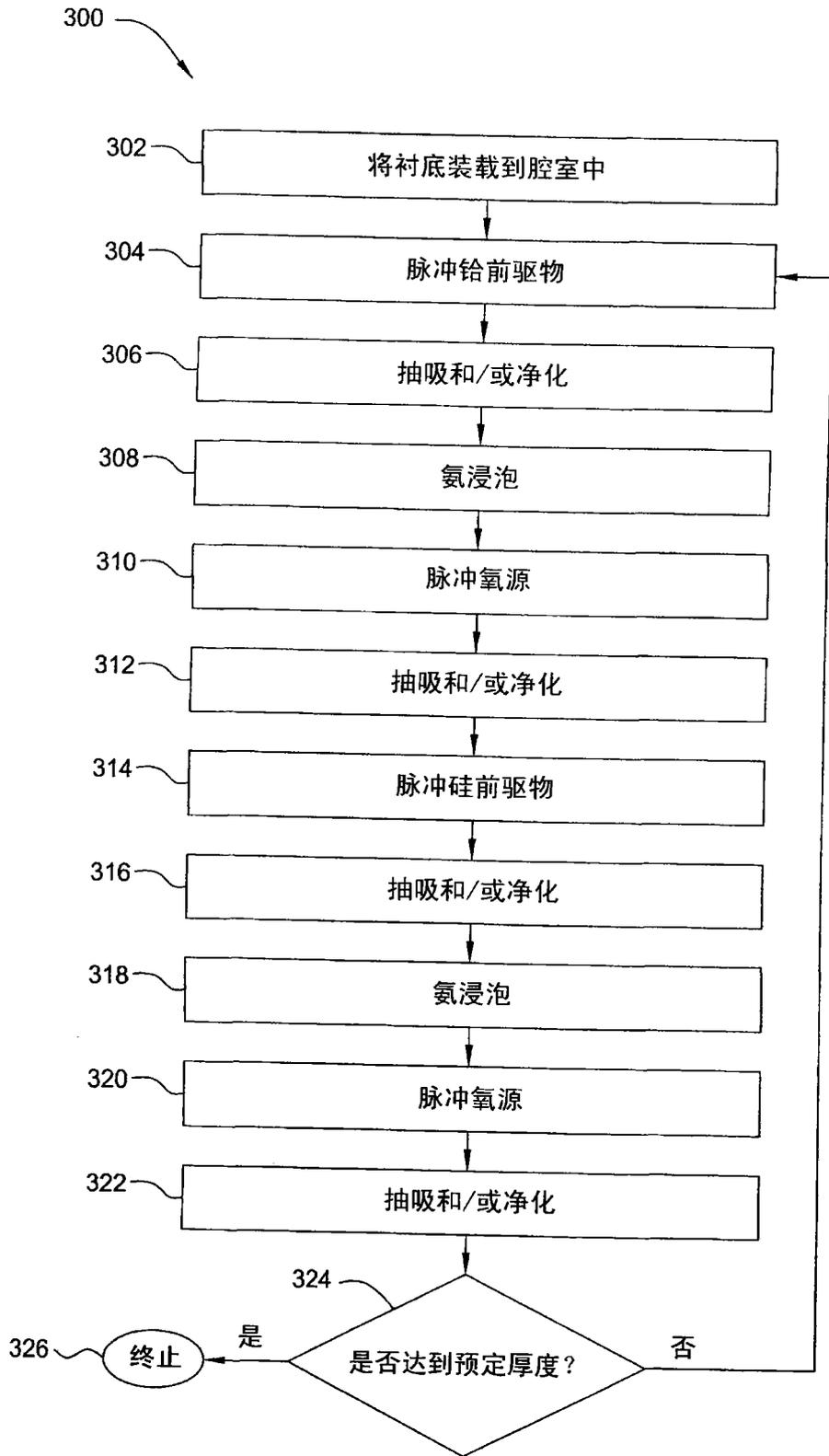


图 3

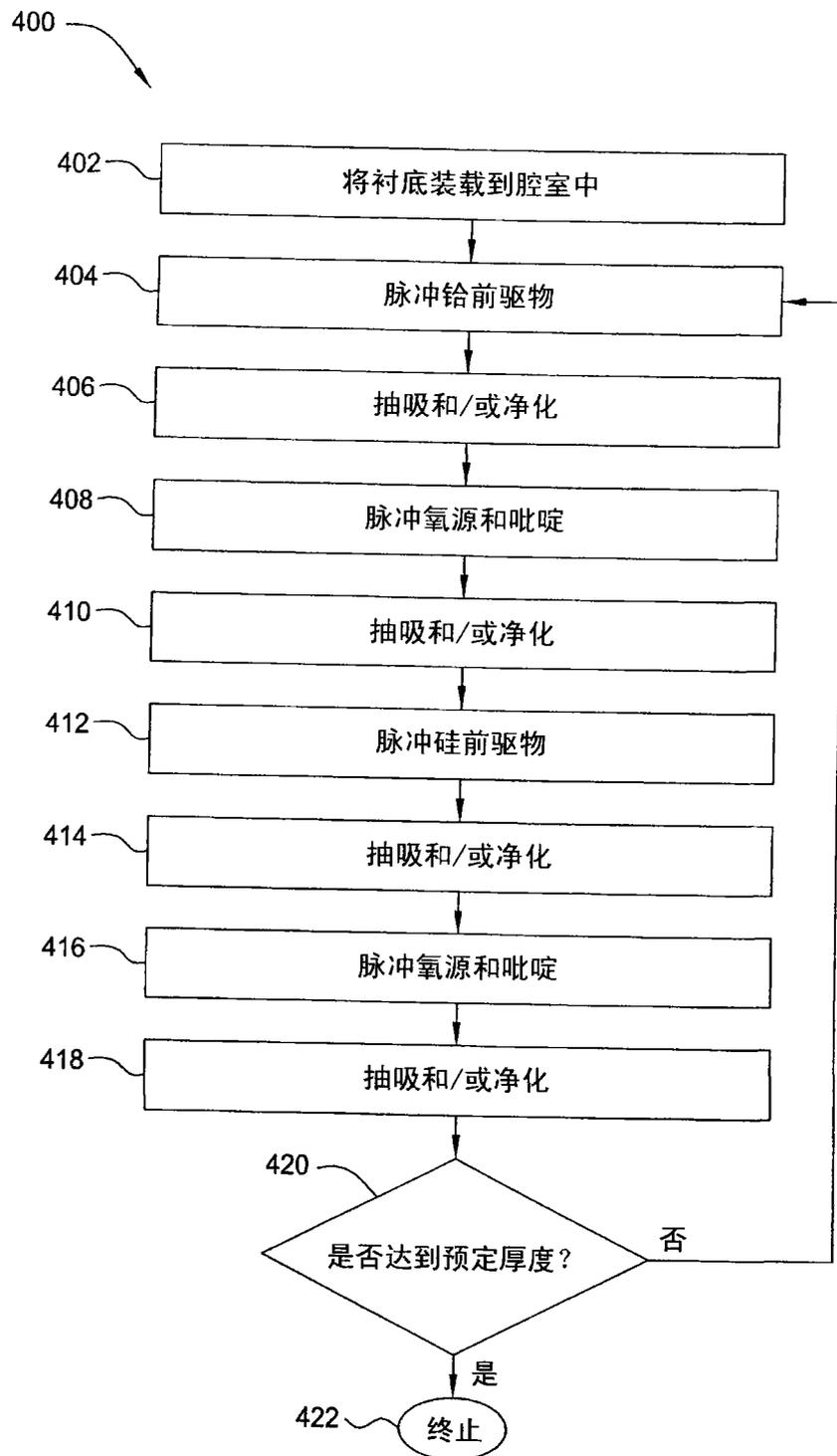


图 4

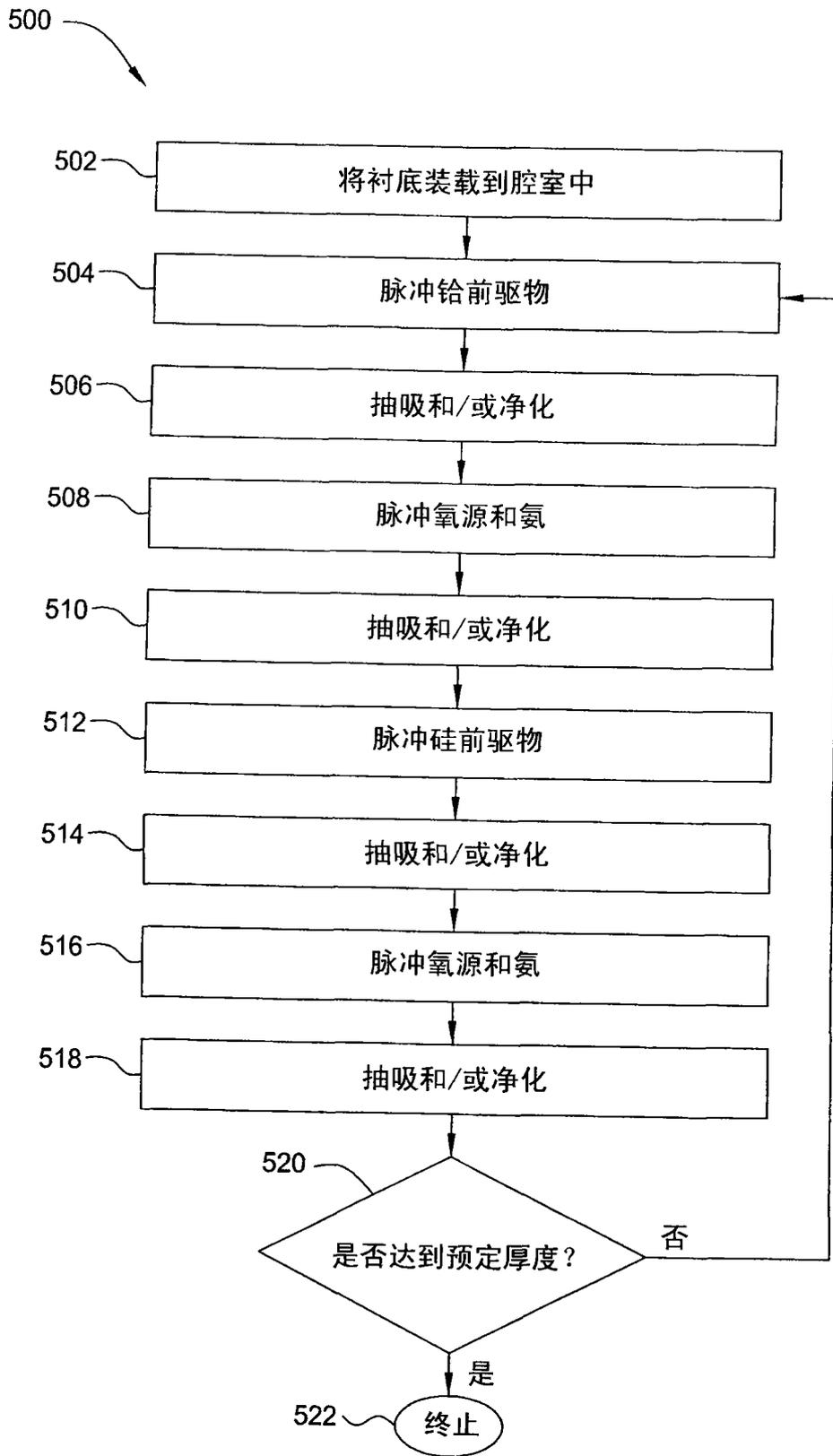


图 5