



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101373735 B

(45) 授权公告日 2011. 07. 06

(21) 申请号 200710198741. 5

(22) 申请日 2007. 12. 12

(30) 优先权数据

11/843, 508 2007. 08. 22 US

(73) 专利权人 应用材料股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 米勒·A·艾伦 阿诗士·博德克

曹勇 安东尼·C-T·陈 建明·付

政·徐 康成横山

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

有限公司 11006

代理人 徐金国

(51) Int. Cl.

H01L 21/768 (2006. 01)

H01L 21/321 (2006. 01)

H01L 21/67 (2006. 01)

H01L 21/00 (2006. 01)

C23C 14/58 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2003/0116427 A1, 2003. 06. 26, 说明书第
[0127]-[0132] 段、附图 15.

JP 特开 2000-216158 A, 2000. 08. 04, 全文.

KR 2002-0094507 A, 2002. 12. 18, 说明书第
2 页倒数第 2 段至第 4 页第 1 段、附图 1-2.

审查员 徐国亮

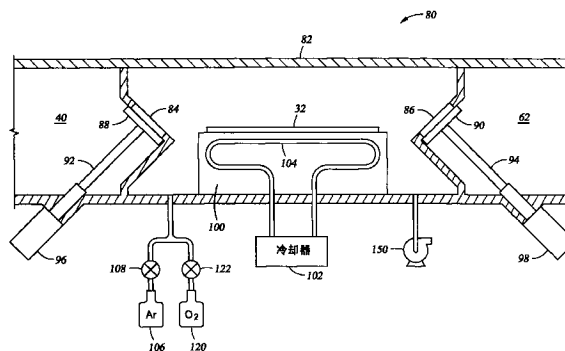
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 7 页

(54) 发明名称

铝互连线的可控表面氧化

(57) 摘要

本发明涉及铝互连线的可控表面氧化, 其公开了在可额外选择氩气的纯氧气环境中用于集成电路的可控地氧化 (114) 铝互连金属化 (18)。晶圆从铝溅射期间产生的 300℃ 温度冷却到不大于 100℃ 的温度, 从而允许铝处理的晶圆装载到塑料承载料盒 (34)。在高真空传送腔室 (62) 和低真空传送腔室 (40) 之间的通道腔室 (56, 80) 中能够可控地发生氧化。氧气分压强在 0. 01 到 1Torr 范围内是有利的, 优选地为 0. 1 到 0. 5Torr。当晶圆放置在水冷的基座上时, 增加氩气至总气压大于 1Torr 可促进晶圆冷却。为了防止氧气回流到溅射腔室, 冷却腔室在冷却期间不抽成真空并且首先将氩气然后将氧气送入冷却腔室。



1. 一种沉积用于集成电路互连线的铝的方法,包括以下步骤:
在保持于上升温度下的衬底上溅射沉积未构图的铝层;以及
随后在含有氩气和氧气的环境中冷却并且部分氧化所述未构图的铝层,其中所述环境具有不超过 5Torr 的氩气和氧气的总气压,0.01 和 1Torr 之间的氧气的分压强,并且包含多于氧气的氩气。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,包括向冷却所述衬底的腔室首先供给氩气并随后中止氩气供给以及随后开始供给氧气的步骤。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,所述冷却并且部分氧化步骤将所述衬底冷却至低于 100°C 的冷却温度。
4. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,所述上升温度至少为 300°C。
5. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,还包含随后的光刻限定所述铝层。
6. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述氧气的分压强至少为 0.1Torr。
7. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述氧气的分压强不超过 0.5Torr。
8. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,还包含装载来自承载料盒的衬底,所述承载料盒与保持第一基本压力的第一传送腔室相邻设置;
其中,所述溅射在溅射腔室中执行,所述溅射腔室与保持低于所述第一基本压力的第二基本压力的第二传送腔室相邻设置;以及
其中,所述冷却在所述第一传送腔室和第二传送腔室可访问的通道腔室中执行。
9. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,还包含防止含有晶圆的腔室在冷却期间同时与执行溅射的溅射腔室的内部进行交流。
10. 一种溅射平台,包含:
其中设置第一机械手的第一传送腔室;
通过第一阀门耦合到所述第一传送腔室的加载互锁腔室,其用于包括装载多个衬底的承载料盒并且可以通过所述第一机械手访问;
其中设置第二机械手的第二传送腔室;
配置用于溅射铝并通过第二阀门耦合到所述第二传送腔室的溅射腔室;
通过第三阀门耦合到所述第一传送腔室、通过第四阀门耦合到所述第二传送腔室并且可以通过所述第一机械手和第二机械手访问并且作为冷却腔室的通道腔室;
可控地向所述通道腔室供给的氧气源;
可控地向所述通道腔室供给的氩气源;以及
将氩气和氧气交替供给到所述通道腔室并且阻止将氩气和氧气同时供给到通道腔室的控制装置。
11. 根据权利要求 10 所述的平台,其特征在于,还包含连接到所述通道腔室但未连接到所述溅射腔室的泵。
12. 一种沉积用于在衬底中形成的集成电路的铝的方法,包括以下步骤:
提供包括机械手的传送腔室;
提供通过第一阀门连接到所述传送腔室并且可由所述机械手访问的溅射腔室,其用于在衬底上溅射铝;
在溅射腔室中保持于上升温度下的衬底上溅射沉积未构图的铝层;

使用机械手,将所述衬底传送至冷却腔室;

在所述冷却腔室的环境中冷却并且部分氧化所述衬底,所述冷却腔室用于在其内包含所述衬底并冷却所述衬底,且所述冷却腔室通过第二阀门连接到所述传送腔室并可由所述机械手访问;

当所述冷却腔室包含所述衬底时,可控地供给氩气用以形成冷却腔室的环境;以及
可控地供给氧气用以形成所述冷却腔室的环境;

其中所述环境具有不超过 5Torr 的氩气和氧气的总气压,0.01 和 1Torr 之间的氧气的分压强,并且包含多于氧气的氩气。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,其中所述氧气和氩气从不在同一时刻供给至所述冷却腔室。

铝互连线的可控表面氧化

技术领域

[0001] 本发明的实施方式涉及集成电路形成中的溅射,更具体地涉及用于形成互连线的溅射铝的后处理。

背景技术

[0002] 溅射,也称作物理气相沉积 (PVD),是在硅集成电路制造中沉积金属及相关材料层最普遍的方法。在商业生产中最常用的一种 DC 电磁管溅射中,溅射涂覆的晶圆设置在与要溅射的金属靶材相对的真空腔室中。氩工作气体可以引入到真空腔室。当相对于腔室壁或其护罩,靶材为负偏压时,氩气激励到等离子体并从靶材溅射出金属原子,其中一些金属原子撞击晶圆并在其上形成金属涂层。放置在靶材后面的电磁管包括极性相对的磁极来将磁场投射到与靶材的溅射面相邻的腔室从而增加等离子体的密度和溅射速率。可以对晶圆施加电偏压来辅助涂覆到更深和更窄的孔 (via)。溅射的其他形式可以包括 RF 感应线圈、辅助磁体以及复杂形状的靶材。

[0003] 溅射铝一直用作金属化来形成垂直和水平的互连线。应该理解,铝可以是合金。通常预期的合金为数量少于 10at%,通常少于 5at%的铜、镁和硅。在半导体制造中标准的铝合金包括 0.5wt%的铜。其他金属通常不超过 1at%。

[0004] 图 1 示出了使用铝金属化的简单的孔结构的横截面图。下电介质层 10 具有导电部件 12,例如,在其表面由铝形成并需要电连接。上电介质层 14 沉积在下电介质层 10 及其导电部件 12 的上方,并且通孔 16 经过蚀刻贯穿上电介质层 14 直到其导电部件 12。溅射铝层 18 来填充通孔 16 并且在上电介质层 14 的顶部表面处的场区 20 上形成平面层。铝溅射可以包括不同溅射步骤,甚至对于不同子层有独立的溅射腔室,但铝溅射的最后部分通常与在诸如 400°C 的适度高温下的硅晶圆一起进行以促进铝回流来填充通孔 16 以及平整化铝层 18 的上表面。如果以金属化的最低等级形成孔,下电介质层 10 可由硅层取代,并且导电部件可以是通常形成于硅导电部件 12 和铝填充孔 16 之间的具有额外的接触 (contact)、阻碍 (barrier) 或栅氧化区的硅掺杂区。

[0005] 在这一点上,铝层 18 呈现为未构图、未定义以及平坦的上表面,偏离在下层 (underlying) 部件上的等角沉积而出现的平面化。电介质层 14 的上表面 20 上方的铝层 18 的场厚度 (field thickness) 决定水平互连线的厚度,通常在 160 到 1000nm 范围之内。如图 2 的横截面图所示,对于通孔 16 外面的铝层 18 进行选择性的蚀刻直到电介质层 14 的上表面或到其上表面 20 上的薄阻挡层。光刻蚀刻的构图通常形成连接到多个铝填充通孔或下一级金属化的狭长的水平电互连线。为了辅助限定蚀刻的构图德光刻,可将诸如氮化钛 (TiN) 的抗反射涂层 (ARC) 22 沉积在图 1 中的未构图的铝层 18 的上方。

[0006] 可以在许多不同的腔室和平台中溅射铝。例如,图 3 示意性示出的平面图中的铝沉积系统 30 基于 Endura 平台,其可以从 Santa Clara, California (加利福尼亚州,圣克拉拉) 的 Applied Materials, Inc. (应用材料股份有限公司) 购得。晶圆 32 加载在承载料盒 (cassettes) 34 中,例如,塑料 FOUP 放置在两个加载互锁腔室 (load lock chamber) 36,

38 中,该腔室 36,38 由狭口阀与保持适度低压的内部传送腔室 40 隔离。一旦承载料盒 34 装载到加载互锁腔室 36,38 中,并且加载互锁腔室 36,38 已经抽真空,内部传送腔室 40 中的内部机械手 42 可以在加载互锁腔室 36,38 的任意一个中的承载料盒 34 与设置在内部传送腔室 40 周围的多个工艺腔室 46、48、50、52 任意一个之间传送晶圆 32。这些内部腔室通常执行不需要超高真空的预处理,诸如定向 (orienting)、脱气 (degassing) 以及预清洗等。因此,内部传送腔室 40 需要泵至仅约 1milliTorr 的基本压力。内部机械手 42 也可以将晶圆 32 传送到通道腔室 (passthrough) 54,56 并且可从其中传送出来。外部传送腔室 62 中的外部机械手 60 也可以将晶圆 32 传送到通道腔室 54,66 并且可从其中传送出来。未示出的狭口阀将通道腔室 54,56 的每一个与内部和外部传送腔室 40,62 隔离,从而允许外部传送腔室 62 保持比内部传送腔室 42 低的基本压力,例如,约 1×10^{-8} Torr。低基本压力主要来防止溅射沉积薄膜的氧化。设置在外部分送腔室 62 周围并通过各自狭口阀与其隔离的是铝 PVD 腔室 64 和阻挡 PVD 腔室 66,例如,溅射钛。其他工艺腔室 68、70 也可以设置在外部分送腔室 62 周围,诸如不同类型的铝溅射腔室,例如,用于铝浸种 (aluminum seed) 而不是铝填充,或为了增加产量而复制的铝溅射腔室。所有这些腔室 64、66、68、70 可以获益于外部传送腔室 62 的高真空级。

[0007] 通道腔室 54,56 在两个传送腔室 40,62 之间提供两个方向的晶圆流向。此外,它们适用于进行一些辅助工艺。在最终铝溅射沉积之后的晶圆 32 可以在约 400°C 的相对高温下,并且在返回一个承载料盒 34 之前,可以不需要进一步的实质处理。附着在机械手 42,60 上的刀片 (blade) 设计为能够经受该高温。然而,承载料盒 34 通常由塑料材料构成,从而插入到承载料盒 34 中的晶圆应该处在诸如不超过 100°C 的相对低温下。因此,如在图 4 的横截面图中示意性示出的,在输出方向上的通道腔室 56 可适于用作冷却腔室 80,其由真空腔室 82 与传送腔室 40,62 集成形成。在溅射之后并且返回承载料盒 34 之前,晶圆 32 在冷却腔室 80 中冷却至较低的温度。在紧邻传送腔室 40,62 的相对的壁中形成具有足够通过晶圆 32 的横向宽度的晶圆口 84,86。晶圆口 84,86 通过延长连接到由致动器 96,98 驱动的轴 92,94 的阀门头来选择性密封,从而形成各自的狭口阀。在传送腔室 40,62 和工艺腔室 46、48、50、52、64、66、68、70 以及加载互锁腔室 36,38 之间形成相似的狭口阀。

[0008] 两个机械手 42,60 的刀片可以进入分别打开的晶圆口 84,86 来将晶圆传送到基座 100 并从其上传送出来。来自冷却器 102 的冷却水通过基座 100 中的冷却管道 104 来将其维持至适于冷却晶圆 32 的较低温度。氩气从氩气源 106 通过气阀 108 供给到冷却腔室 80。通常,氩气源 106 也在溅射操作期间将氩气供给溅射腔室 62,66。

[0009] 在 30 到 60 秒的冷却期间可以以氩气周围环境约 1 到 2Torr 的气压冷却热晶圆 32 从而促使热量传送到冷却基座 100 上。对于在冷却腔室 80 已经粗抽真空后,通常不需要连续抽气。相反,在热晶圆 32 从外部传送腔室 62 传送到冷却腔室 80 后,中间狭口阀 90 关闭并且所需氩气的数量通过气阀 108 传送到冷却腔室 80 中,此后供给中断或减少,而该氩气在冷却期间保持在冷却腔室 80 中。在冷却结束时,打开通往内部传送腔室 40 的狭口阀 88。冷却腔室 80 总是由机械 (干式粗抽 (dry rough)) 泵抽真空至约 10micro Torr 的气压。额外的氩气通过开口的狭口阀释放到一个由低温泵不断抽气的传送腔室 40,62 中。

[0010] 上面描述的工艺在其基本原理上已经应用多年。然而,随着器件尺寸的减小,形成水平互连线的铝层厚度也在减小。这些更薄铝层在经受固有应力以及发生在诸如热循环中

的应用应力方面的能力随着薄膜厚度而减小。但是,对于薄膜电阻率以及反射率的现有要求必须满足。反射率的要求简化了光刻。如图 1 和 2 示出的,产生自影响薄膜表面结构的薄膜应力的缺陷包括从薄膜平面向外延伸的凸出物的凸起 (hillocks) 110,以及可为在铝薄膜表面中形成的深槽的晶粒槽。与从薄膜沉积工艺、薄膜冷却以及随后在退火的热循环中产生的金属层或电介质相关的应力可以在金属层中产生缺陷。由于折中了将薄膜可靠地蚀刻至所需厚度以及沉积平面形式的后续的器件金属和介质层而必需的薄膜平坦性,这些缺陷大大影响器件的可靠性以及器件的产量。

发明内容

[0011] 用于集成电路中的铝互连线的铝薄膜是在仅含有氧气的活性成份的环境中可控地进行氧化。随着衬底从诸如大于 300℃ 的溅射温度冷却到低于 100℃ 温度,在高于 100℃ 时可以产生氧化。在更低温度下,衬底可以返回到塑料承载料盒。

[0012] 部分氧气可以在 0.01 到 1Torr 范围内。优选下限为 0.1Torr。优选上限为 0.5Torr。另外,可以添加诸如氩气或氦气的惰性气体来促进冷却。总气压可以在 1 to 5Torr 范围内或更高。

[0013] 可以在两个传送腔室之间隔离的冷却腔室中执行氧化,该传送腔室周围设置有用形成互连线的多个工艺腔室。

[0014] 可以控制供给到氧化冷却腔室的氩气和氧气来防止氧气通过氩气管道回流到与其相连的溅射腔室和传送腔室。在一个实施方式中,冷却腔室在冷却之前抽成真空,但在供给氩气和氧气或冷却期间不抽成真空。向冷却腔室供给数量可控的氩气。停止供给氩气后,供给数量可控的氧气。

[0015] 通过确保传送腔室和冷却腔室之间的狭口阀与传送腔室和铝溅射腔室之间的狭口阀不同时打开来避免氧气污染。

附图说明

[0016] 图 1 示出了在蚀刻到水平互连接线之前,现有技术中铝金属化的横截面图。

[0017] 图 2 示出了蚀刻之后,图 1 中的铝金属化的横截面图。

[0018] 图 3 示意性示出了铝溅射系统的平面图。

[0019] 图 4 示意性示出了本发明中使用的图 3 中的系统冷却腔室的横截面图。

[0020] 图 5 示出了传统溅射铝薄膜的分布图。

[0021] 图 6 示出了根据本发明的一个实施方式可控地氧化后的铝金属化的横截面图。

[0022] 图 7 示出了本发明的可控地氧化后的溅射铝薄膜的分布图。

[0023] 图 8 示出了用于本发明中的冷却腔室中含有电气和气体管道的供给系统的一个实施方式的示意图。

[0024] 图 9 示出了供给系统的另一个实施方式的示意图。

具体实施方式

[0025] 应该理解,当含有暴露的铝薄膜的晶圆在冷却后返回到洁净室环境的承载料盒中时,铝薄膜立即氧化为类似于化合物 Al_2O_3 的自生氧化物。已经确定,在氩冷却到约 100℃ 以

下时,自生氧化物具有约 4.2nm 的厚度并且与下层铝的界面不平整,而是趋向于起伏并且略微模糊,即渐变的。在这样的氩冷却铝薄膜上进行的原子力显微镜 (AFM) 产生如图 5 所示的跨度超过 10 微米的表面分布。显而易见有深的凹槽。具有 $R_{\max} = 101\text{nm}$ 的最大值的峰—谷粗糙度以及表面呈现 $R_{\text{rms}} = 16.5\text{nm}$ 的 RMS 粗糙度。电子显微图示出了与表面凹槽之间的间隔对应的晶粒尺寸。并且,个别晶粒的平面看起来不均匀。

[0026] 溅射铝薄膜的表面外貌可以通过在高纯氧气环境中进行冷却以在铝层 18 上面产生如图 6 截面图所示的铝氧化层 114。只有在氧化之后,氮化层 22 才在氧化层 114 上方沉积以准备光刻。

[0027] 在获得可控的热氧化物的一个实施方式中,如图 3 和 4 所示,氧气源 120 通过气阀 122 为冷却腔室 80 提供氧气 (O_2)。然而,在热晶圆上升温度时的纯氧气将产生太厚的氧气层。因此,在一个实施方式中,实际数量的诸如氩气的惰性气体在氧气冷却期间也从氩气源 106 向冷却腔室 80 供给以促进冷却期间的热传送。总的氩气 / 氧气压强可以约为 2Torr,其中氧气约 0.01 到 0.5 的分压强,尽管氧气约 0.1Torr 分压强证明是有利的。尽管晶圆 32 在冷却期间支撑在约 22°C 下的水冷基座 32 上,但应该认为冷却主要通过环境气体至基座 32 的对流冷却实现。在总压强下的典型冷却速率约为 $10^\circ\text{C} / \text{s}$ 。

[0028] 在冷却腔室 80 中的氧气的分压强造成平坦的未构图的铝层 18 的上表面被氧化并形成如图 6 横截面图所示出的铝氧化层 114。使用与图 5 中生成的相对数据相类似的铝沉积条件,在晶圆的氩气冷却后,与传统的在空气中形成的 4.2nm 的自生氧化物相比,示出的本发明的氧冷却自生氧化物具有约 2nm 的厚度。铝层 18 的部分氧化物造成氧化物厚度基本小于铝层 18 的场厚度的 10%,从而铝互连的电导率基本不受影响。此外,下层铝氧化层 18 与氧化层 114 的界面在横跨约一单层的范围内是平整且清晰的。很明显热生氧化层是致密的并且能防止当晶圆返回到低于 100°C 的空气环境时被进一步氧化。空气环境包含很大比例的氮以及显著量的水蒸汽,即使在清洁室的干燥空气中。这两种成份可以影响空气的氧化。图 7 示出了氧冷却氧化物的 AFM 分布图。最大峰—谷粗糙度减小到 $R_{\max} = 54.5\text{nm}$ 以及 RMS 粗糙度减小到 $R_{\text{rms}} = 11.6\text{nm}$ 。与传统 AFM 分布相比,消除了较深的凹槽并减小了粗糙度。尽管在仅有氩气的冷却中晶粒的分界线更加明显,但晶粒尺寸看起来相同。

[0029] 在表 1 中示出氩冷却薄膜和所发明的氧冷却薄膜相比较的数字数据。薄膜电阻没有很大变化,但阻抗的均匀性显著提高。436 和 480nm 的光波长的反射率随着氧气冷却而增加。

[0030] 表 1

[0031]

	表面电阻 (ohm/sq)	表面电阻 非均匀性 (%)	反射率 (436nm)	反射率 (480nm)
氩冷却	0.03263	1.75	167.2	187.5
氧冷却	0.03271	1.06	187.8	207.6

[0032] 氧冷却应该在完成铝溅射之后,但在蚀刻以形成构图的水平互连线之前以及在影响诸如抗反射涂层 22 的铝氧化物的铝层 18 上沉积其他明显层之前执行。铝氧化层 114 是绝缘的并且需要在与铝层的上层表面进行任何电接触之前去除,但该去除与自生氧化物的去除并无任何区别。

[0033] 热可控的氧化减少了凹槽 112 的深度,并且使图 1 和图 2 中的凸起 110 变平,以及减小了晶粒的尺寸。精确的机制并未完全理解。看起来,可能是通过促进表面沿由氧化物能量激励的初始晶粒边界线扩散,热氧化释放应力。相比含有水蒸汽和高含量的氮气的空气,在高纯度氧下氧化物产生更好的氧化。一种氧化纯度的测量方法是测量除了诸如氩气和氮气的惰性气体以外的氧化环境的活性组份大于 99% 氧气。应该提及的是氧气可能以臭氧 (O_3) 的形式存在。

[0034] 在冷却期间优选分压强在 0.1 和 0.5Torr 之间,尽管根据处理条件,更宽的可接受范围的氧气分压强为 0.1 到 1Torr。当晶圆较热时显著较高的氧气气压将可能产生过度厚的氧化层。当总压力为 2Torr 时,相对高的氩气的分压强,至少为氧气的两倍,允许快速冷却速率。总压力可以在高于 1Torr 的范围之内,但优选不超过 5Torr。可以预期,氩气量可以减少甚或消除而几乎不会直接影响氧化。然而,随着氩气的减少,冷却速率降低,从而氧化以较高温度持续一段时间,并且也降低了产量。氦气可以取代氩气作为对流的冷却气体。

[0035] 应该理解,基于氧气的冷却可以在除了通道腔室以外并且与溅射腔室相关的传送腔室相关的另一阀腔中执行,从而沉积和氧化之间的空气压强小于 1microTorr。

[0036] 还应该理解,可以在设计为控制氧化并且不依赖于来自溅射温度的冷却的腔室中执行铝氧化。

[0037] 半导体溅射设备中氧气的使用是不寻常的并且造成潜在的问题。通常,包括通道腔室的 Endura 平台上的所有腔室均从与该平台邻近的气体分配板连接的一套公共气体源提供气体。非常需要防止氧气沿氩气管道扩散到溅射腔室或甚至扩散到高真空传送腔室。经验表明,在高真空传送腔室中暴露在残留氧气中的晶圆在放置到铝溅射腔室之前,在填充高纵横比的通孔时呈现严重的空隙。

[0038] 用于平台控制的软件应该包括互锁来防止在冷却腔室和高真空传送腔室之间的狭口阀打开的同时,溅射腔室和相关的高真空传送腔室之间的狭口阀被打开。

[0039] 如果从公共源向冷却腔室和溅射腔室供给氩气,用于向冷却腔室供给氩气和氧气的阀不能同时打开。即,氩气和氧气分别送入到冷却腔室并优选地首先送入氩气。如果冷却腔室在冷却期间未抽真空,最初送入冷却腔室的氩气和氧气量确定了在整个冷却期间氩气和氧气在冷却腔室的分压强。图 8 示出了到冷却腔室 80 的气体供给系统的一个实施方式。由氩气管道 132 供给的氩气及其气流由人工针型阀 134 计量并由电动—气动阀门 136 控制。同样,由氧气管道 138 供给的氧气及其气流由人工针型阀 140 计量并且由电动—气动阀门 138 控制。电动—气动阀门 136,142 的输出供给到冷却腔室 80 中。

[0040] 电动—气动阀门 136,142 每一个都包括两级阀门。通常由电气驱动的螺线管致动的的第一级阀门,控制通过闸阀 146 供给自干燥空气管道 144 的洁净干燥空气 (CDA) 源的供给。由所控制的洁净干燥空气致动的的第二级阀门通过电动—气动阀门打开和关闭氩气或氧气流。电动—气动阀门 136,142 本身执行无效计量。控制器 148 发出电控制信号以打开通过 CDA 闸阀 146 的洁净干燥空气源的供给并且打开和关闭两个电动—气动阀门 136,

142。在公知的氩气和氧气气压下,向冷却腔室供给的氩气或氧气的数量由控制器 148 打开电动—气动阀门 136,142 的时间量确定。如前所述,控制器 148 应该确保两个电动—气动阀门 136,142 不同时打开。并且,控制器 148 应该在打开氧气的电动—气动阀门 142 之前首先打开和关闭氩气的电动—气动阀门 136。气体源的连接基本防止了氧气通过氩气气阀 136 以及针型阀 134 朝向氩气源回流到溅射腔室。氩气的电动—气动阀门 136 直到冷却腔室已经清除氧气后才能重新打开。

[0041] 氧气隔离可通过专门用于冷却腔室 80 并且通过闸阀 152 与其连接的粗抽泵 150 进一步改善。粗抽泵 150 不用于粗抽溅射腔室或高真空传送腔室。控制器 148 关闭闸阀 152,同时在随后冷却期间,将氩气和氧气注入到冷却腔室 80。在冷却后,粗抽泵将冷却腔室 80 气体排除。与传送腔室泵相关联的低温泵通过开口的狭口阀将冷却腔室抽真空到超高真空。

[0042] 如图 9 示出的示意图,通过将具有由控制器 148 电控制的气体质量流量控制器 154 替代氧气针型阀 140,可改进热氧化的控制。另一个电动—气动阀门 156 允许气体质量流量控制器 154 隔离。气体质量流量控制器也可以替代氩气针型阀 134,但通常用于冷却的氩气气流和气压不需要关闭控制或调整。

[0043] 因此本发明在较小程度增加设备复杂度及成本以及不影响产量的情况下大大改进了铝金属化的质量。

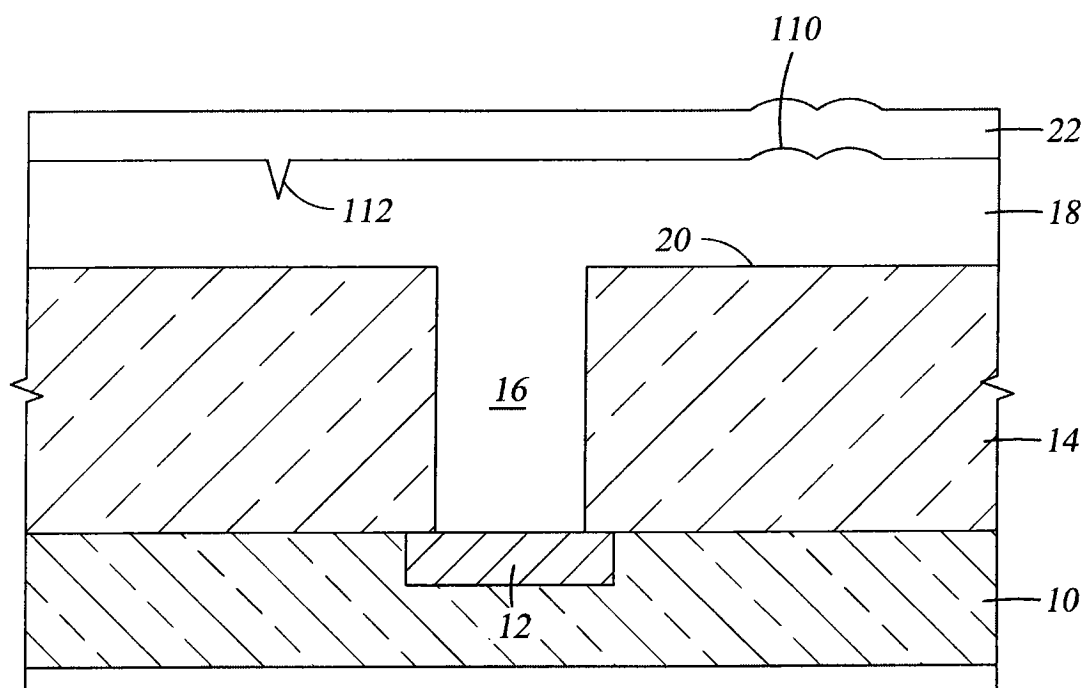


图 1

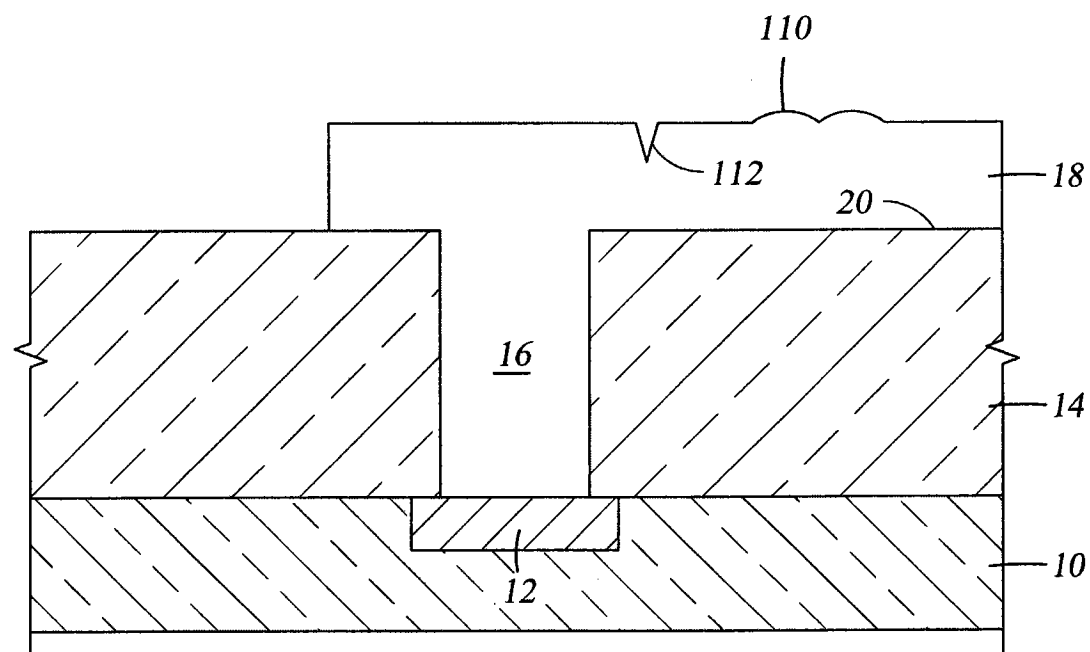


图 2

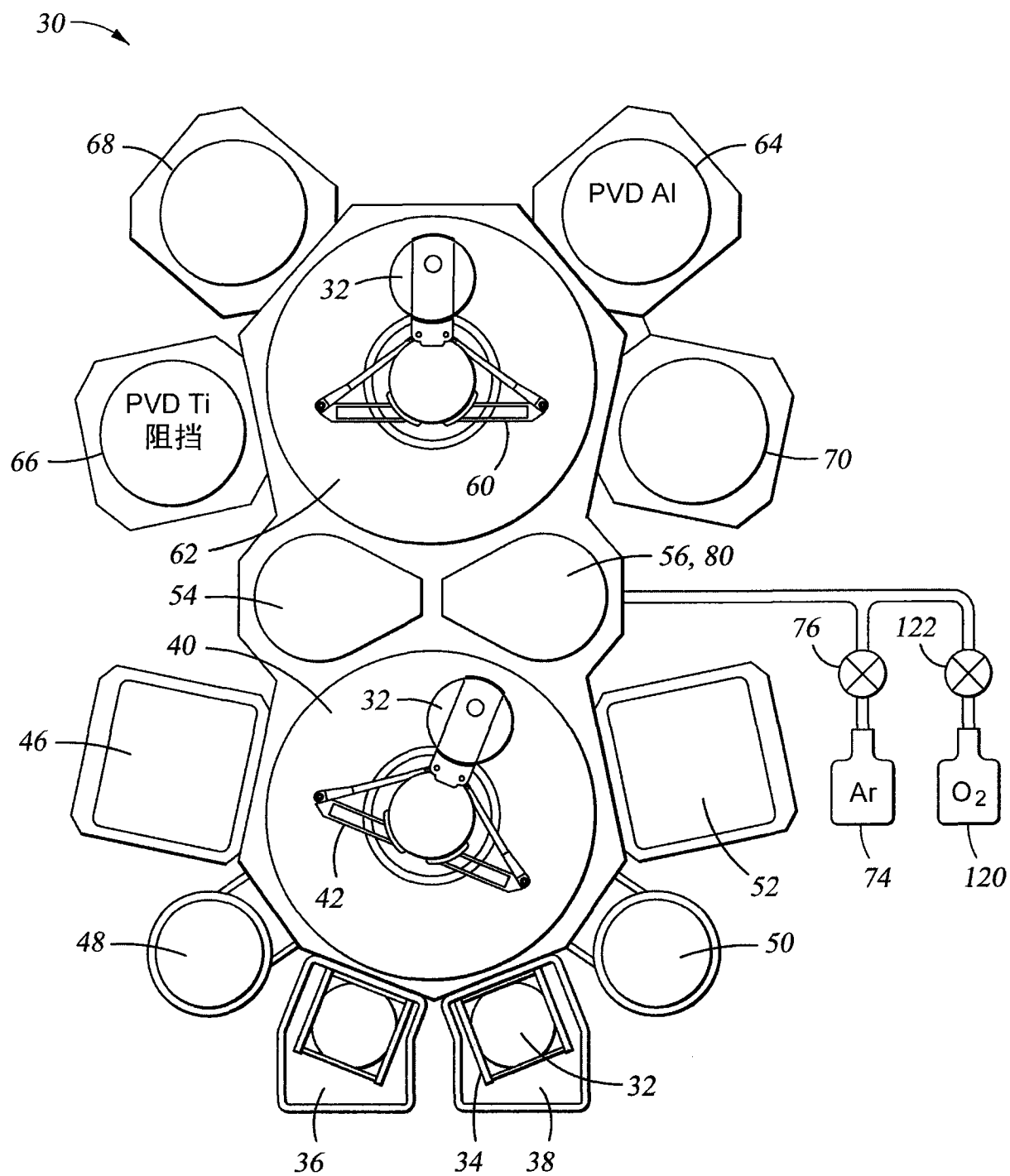


图 3

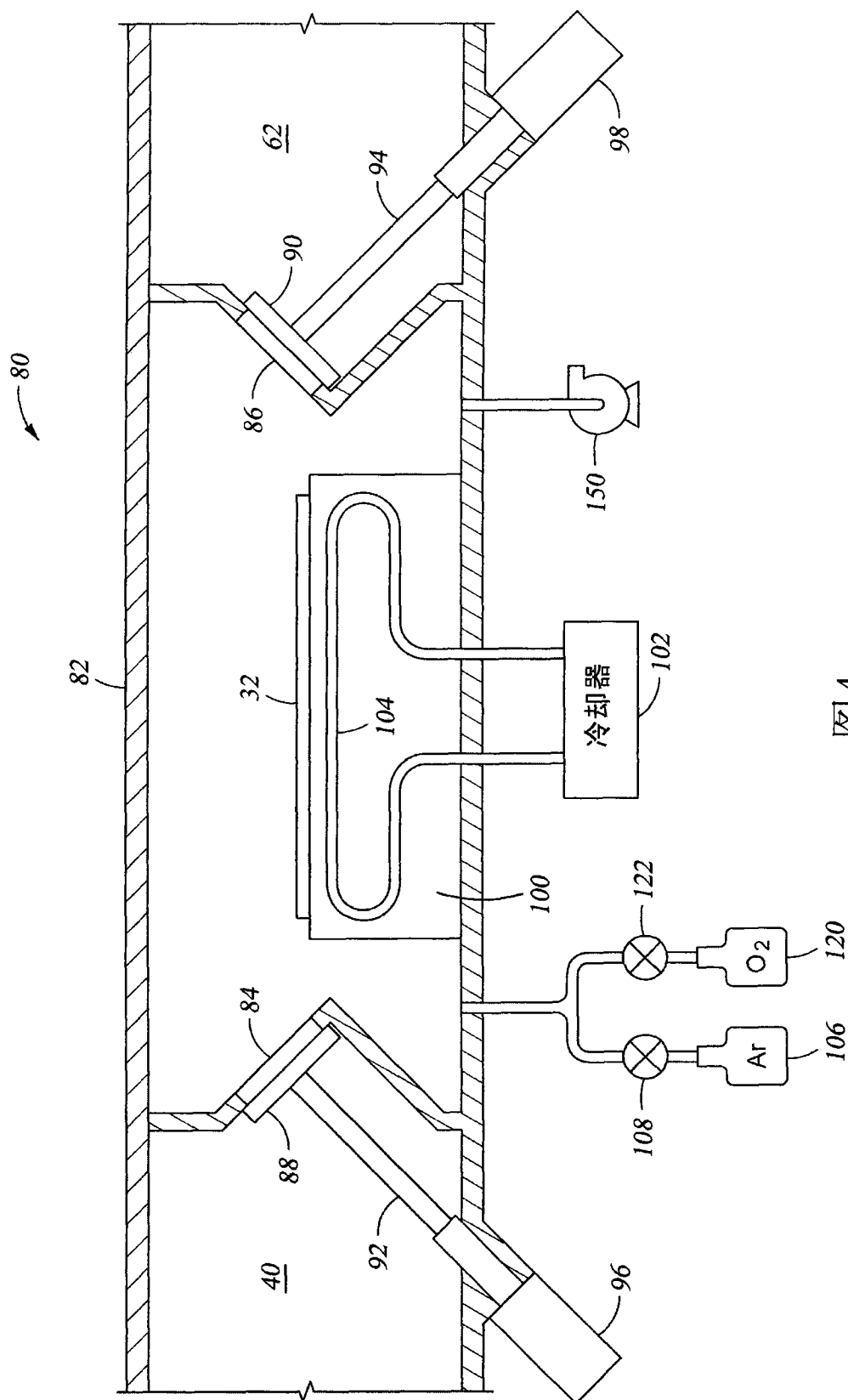


图4

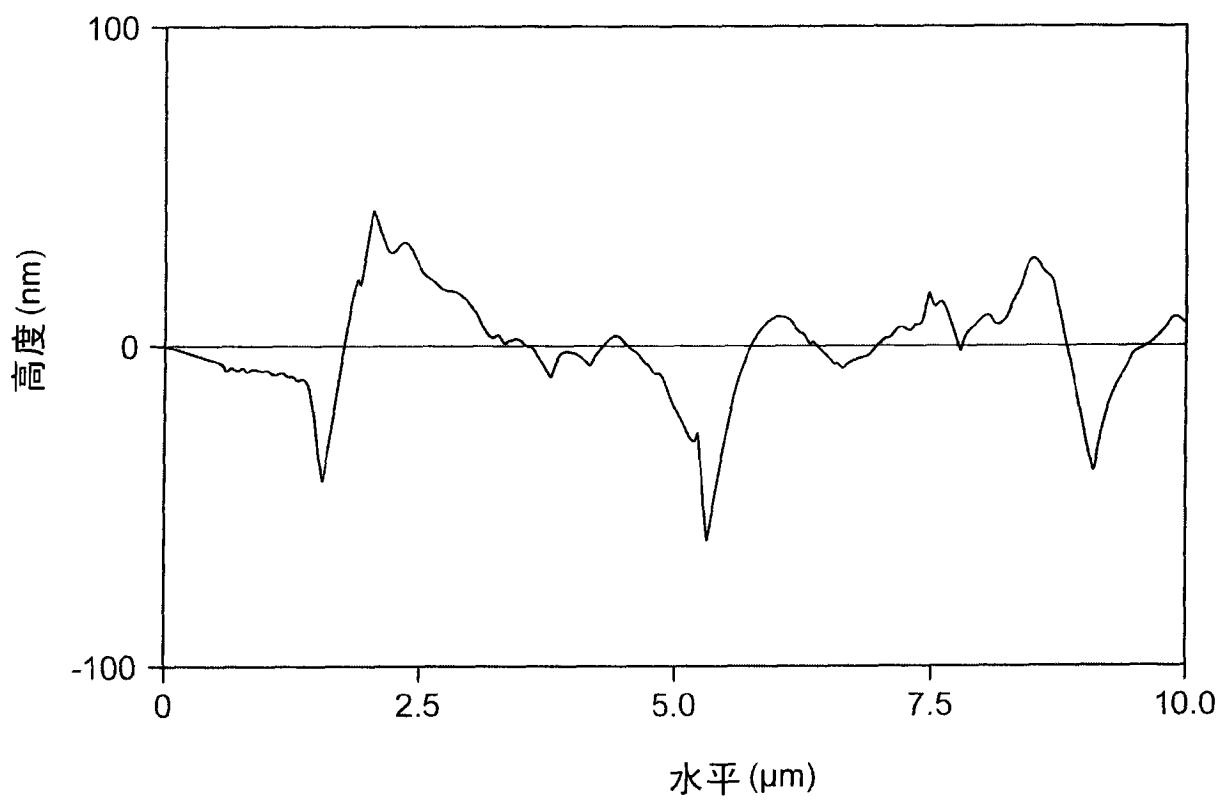


图 5

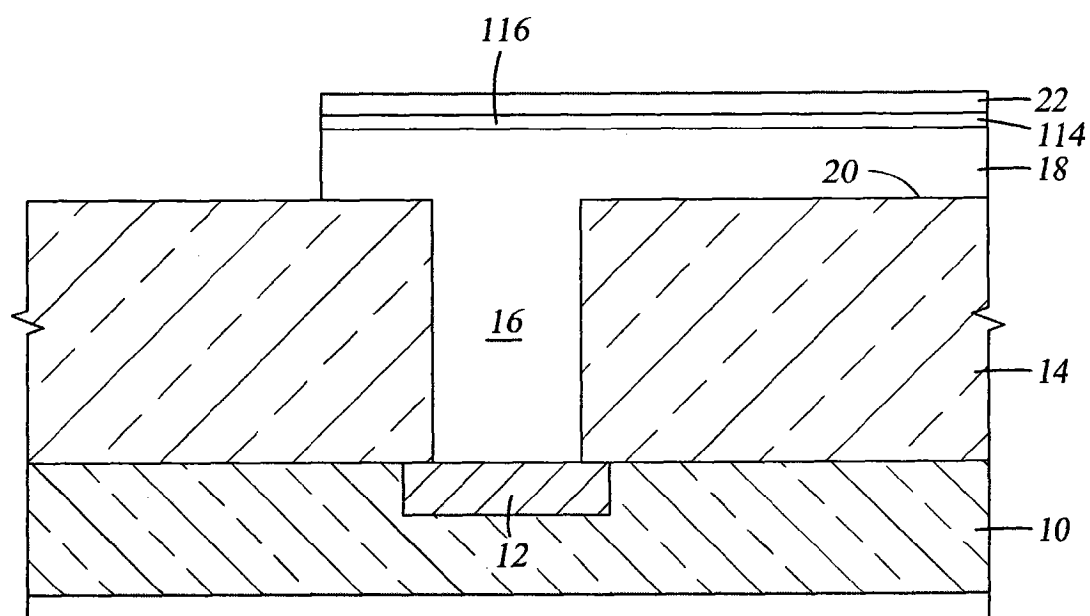


图 6

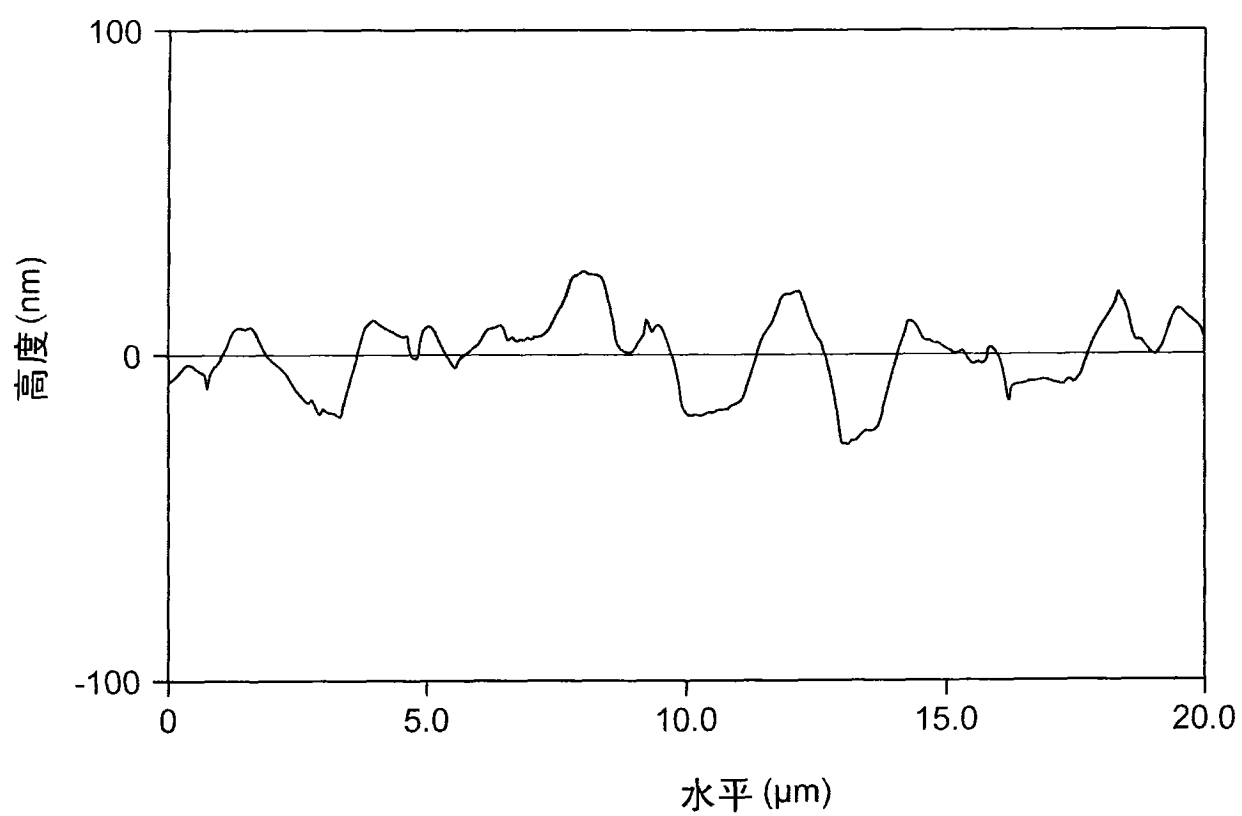


图 7

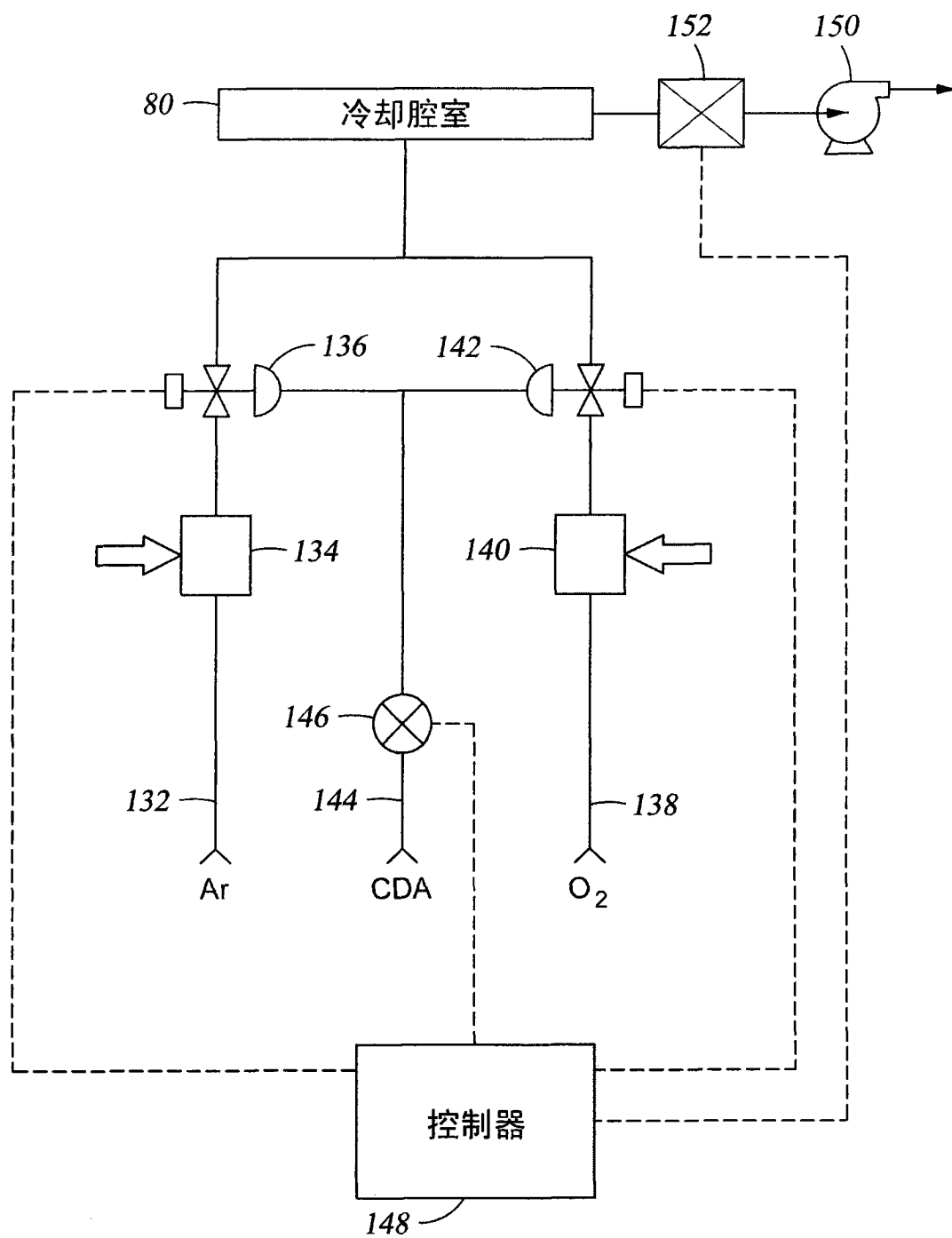


图 8

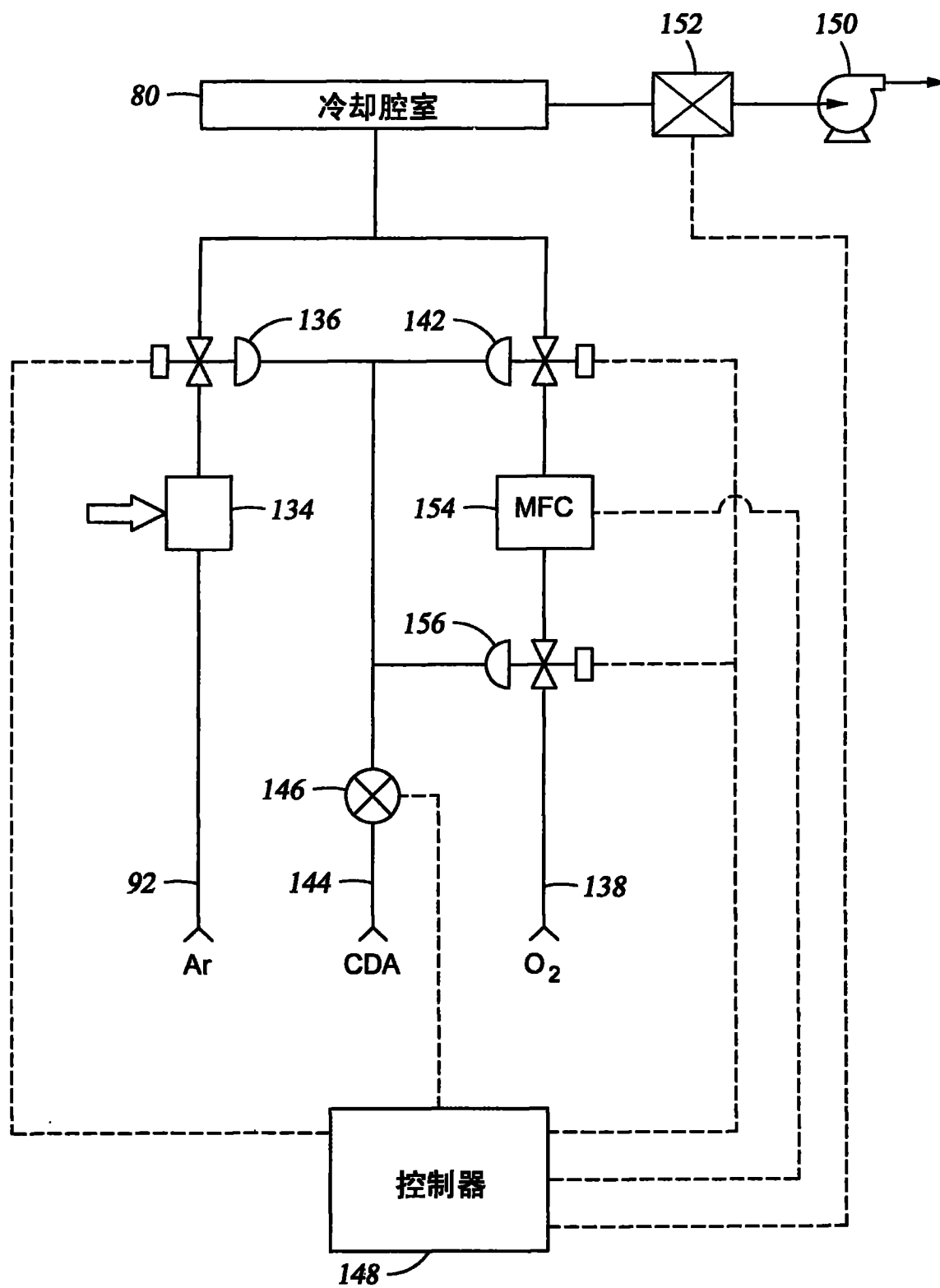


图 9