

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101448580 B

(45) 授权公告日 2011. 02. 23

(21) 申请号 200780010287. 4

(22) 申请日 2007. 03. 19

(30) 优先权数据

11/388, 363 2006. 03. 24 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 09. 23

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/006955 2007. 03. 19

(87) PCT申请的公布数据

W02007/111893 EN 2007. 10. 04

(73) 专利权人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 逸风·周 格拉多·A·戴戈迪诺

斯昌林

(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 11258

代理人 肖善强 南霆

(51) Int. Cl.

B08B 3/12(2006. 01)

B08B 7/00(2006. 01)

B08B 6/00(2006. 01)

B08B 7/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6756087 B2, 2004. 06. 29, 全文.

US 2004/0005517 A1, 全文.

US 6548230 B1, 2003. 04. 15, 全文.

CN 1716530 A, 全文.

审查员 李雪云

权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 3 页

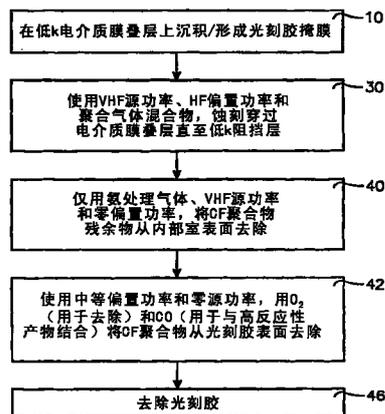
(54) 发明名称

具有室去氟化和晶片去氟化中间步骤的等离子体蚀刻和光刻胶剥离工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种等离子体蚀刻工艺, 包括通过工件上的光刻胶掩膜进行的等离子体蚀刻步骤, 所述蚀刻步骤使用在等离子体聚合物中生成的聚合蚀刻处理气体, 所述等离子体聚合物在蚀刻步骤中在所述光刻胶掩膜的表面上聚积成保护性聚合物层, 所述工艺包括在蚀刻步骤之后且在去除光刻胶掩膜之前在相同的室中进行的以下步骤: (a) 从包括所述室的室顶的室表面去除包括聚合物材料的残余物, 这如下实现: 将 RF 等离子体源功率耦合到所述室中, 同时实质上不将 RF 等离子体偏置功率耦合到所述室中, 并将含氢气体引入所述室中, 直到所述残余物被从所述室表面去除; (b) 从所述光刻胶掩膜的表面去除所述保护性聚合物层, 这如下实现: 将 RF 等离子体偏置功率耦合到所述室中, 同时实质上不将 RF 等离子体源功率耦合到所述室中, 并将包含氧和一氧化碳的处理气体引入所述室中, 直到所述聚合物层被从所述光刻胶的表面去除。

CN 101448580 B



1. 一种用于工件的等离子体蚀刻工艺,所述工件具有在所述蚀刻工艺中暴露的低介电常数薄膜,所述工艺包括:

在所述工件的顶表面上形成光刻胶掩膜,所述掩膜包括限定待蚀刻的孔位置的开口;
将所述工件放置在等离子体反应器室中;

如下进行蚀刻步骤:将包含氟碳物质的聚合蚀刻处理气体引入所述室,并将 RF 等离子体源功率和 RF 等离子体偏置功率耦合到所述室中,以生成如下物质的等离子体:(a) 用于蚀刻与所述光刻胶掩膜中的所述开口对齐的所述工件中的孔的蚀刻物质,和 (b) 在所述蚀刻步骤中在所述光刻胶掩膜的顶表面上聚积成聚合物层并在反应器室的内表面上聚积成聚合物层的聚合物物质;

在去除所述光刻胶掩膜之前:

(a) 从包括所述室的室顶的室表面去除包括所述聚合物层的残余物,这如下实现:将 RF 等离子体源功率耦合到所述室中,同时不将 RF 等离子体偏置功率耦合到所述室中,并将氨引入所述室中,直到所述残余物被从所述室表面去除;

(b) 从所述光刻胶掩膜的表面去除所述聚合物层,这如下实现:将 RF 等离子体偏置功率耦合到所述室中,同时不将 RF 等离子体源功率耦合到所述室中,并将包含氧气和一氧化碳的处理气体引入所述室中,直到所述聚合物层被从所述光刻胶的表面去除;和

将所述光刻胶从所述工件剥离。

2. 如权利要求 1 的工艺,其中,在所述蚀刻步骤和从室表面去除残余物的步骤中,将 RF 等离子体源功率耦合到所述室的步骤包括通过所述工件上方的所述室的室顶电极来电容耦合 RF 功率。

3. 如权利要求 2 的工艺,其中,在所述蚀刻步骤和从所述光刻胶掩膜去除所述聚合物层的步骤中,施加 RF 等离子体偏置功率的步骤包括将 HF 和 LF 功率中的至少一种耦合至所述工件。

4. 如权利要求 2 的工艺,其中,所述 RF 等离子体源功率为 50-300MHz 的 VHF 频率。

5. 如权利要求 4 的工艺,其中,所述 RF 等离子体源功率为约 162MHz。

6. 如权利要求 3 的工艺,其中,所述 RF 等离子体偏置功率包括约 13.56MHz 的 HF 部分和约 2MHz 的 LF 部分。

7. 如权利要求 1 的工艺,其中,剥离所述光刻胶的步骤包括:将 RF 等离子体源功率和 RF 等离子体偏置功率耦合到所述室中,并将氨引入所述室,直到所述光刻胶被从所述工件去除。

8. 如权利要求 1 的工艺,其中,所述氟碳物质包括氟烃物质。

9. 如权利要求 1 的工艺,其中,从室表面去除残余物的步骤还包括保持约 10mTorr 量级的低室压力和约 300sccm 量级的所述含氨的高流率。

10. 如权利要求 1 的工艺,其中,从所述光刻胶去除所述聚合物层的步骤包括保持约 5mTorr 的低室压力和分别约 100sccm 的氧流率和 50sccm 的一氧化碳流率。

11. 如权利要求 1 的工艺,其中,所述低介电常数薄膜是所述工件的其它薄膜层下方的扩散阻挡层,并且其中所述工艺包括在暴露所述扩散阻挡层时停止所述蚀刻步骤。

12. 如权利要求 11 的工艺,其中,所述其它薄膜层包括低介电常数材料,所述低介电常数材料包括多孔有机硅酸盐玻璃。

13. 如权利要求 12 的工艺,其中,所述扩散阻挡层覆盖在所述工件的金属线上方,并且其中所述扩散阻挡层包括能够阻止材料从包含掺氮碳化硅的所述金属线扩散的低介电常数材料。

14. 一种等离子体蚀刻工艺,包括通过工件上的光刻胶掩膜进行的等离子体蚀刻步骤,所述蚀刻步骤使用在等离子体聚合物物质中生成的聚合蚀刻处理气体,所述等离子体聚合物物质在蚀刻步骤中在所述光刻胶掩膜的顶表面上聚积成聚合物层并在反应器室的内表面上聚积成聚合物层,所述工艺包括在蚀刻步骤之后且在去除光刻胶掩膜之前进行的以下步骤:

(a) 从包括所述室的室顶的室表面去除包括所述聚合物层的残余物,这如下实现:将 RF 等离子体源功率耦合到所述室中,同时不将 RF 等离子体偏置功率耦合到所述室中,并将氨引入所述室中,直到所述残余物被从所述室表面去除;

(b) 从所述光刻胶掩膜的表面去除所述聚合物层,这如下实现:将 RF 等离子体偏置功率耦合到所述室中,同时不将 RF 等离子体源功率耦合到所述室中,并将包含氧气和一氧化碳的处理气体引入所述室中,直到所述聚合物层被从所述光刻胶的表面去除。

具有室去氟化和晶片去氟化中间步骤的等离子体蚀刻和光刻胶剥离工艺

背景技术

[0001] 集成电路的性能正在不断地被改善,这通过以下方法实现:提高器件开关速度、增大互连密度以及减少被金属间电介质(IMD)层间隔的相邻导体之间的串扰。通过使用新的介电薄膜材料作为具有低介电常数的 IMD(“低 k 材料”),例如多孔有机硅酸盐玻璃,可以提高开关速度和减少串扰。通过增加互连导电层的数量和减小特征尺寸(例如,线宽、孔径)来增加互连。不同导体间的连接需要高深宽比(深度与宽度之比)的开口或穿过低 k 材料的“通孔”。这种精细特征(例如,特征尺寸量级为 45nm)要求光刻胶(用于光刻)适用于较大的波长。这种光刻胶往往较薄并且更易于在电介质蚀刻工艺过程中形成缺陷,例如针孔或条纹。这个问题通过在等离子体蚀刻形成穿过低 k 电介质膜的窄通孔时使用氟碳化学剂来解决。氟碳蚀刻化学剂将保护性氟碳聚合物沉积在光刻胶上。蚀刻工艺通常在达到铜互连线上方的底部电介质层时结束。此底部电介质层一般用作防止铜原子从导电线扩散的阻挡层,且其本身为低 k 电介质材料(例如掺氮碳化硅)并且通常极薄(量级为数百埃)。在阻挡层暴露之后,蚀刻工艺停止,形成了深且窄(大深宽比)的开口或通孔。在准备下一个工艺步骤时,将光刻胶从晶片上剥离。此光刻胶剥离工艺可以在具有施加到晶片的偏置功率的基于氨的等离子体中完成,并且在先前进行蚀刻工艺的同一个室中进行,从而避免不必要的晶片转移步骤并使生产率最大化。问题在于,光刻胶剥离工艺会导致由低 k 材料构成的通孔底部的薄阻挡层消失。

[0002] 避免该问题的一种方法是在进行光刻胶灰化步骤前将晶片转移到专用的光刻胶灰化室中。然而遗憾地,这种方法会因为晶片在反应器室间转移过程中固有的迟延而降低生产率。

[0003] 因此,需要一种能够保护通孔底部的薄阻挡层的通孔蚀刻与光刻胶剥离工艺的组合。

发明内容

[0004] 一种等离子体蚀刻工艺,包括通过工件上的光刻胶掩膜进行的等离子体蚀刻步骤,所述蚀刻步骤使用在等离子体聚物质中生成的聚合蚀刻处理气体,所述等离子体聚物质在蚀刻步骤中在所述光刻胶掩膜的表面上聚积成保护性聚合物层,所述工艺包括在蚀刻步骤之后且在去除光刻胶掩膜之前在相同的室中进行的以下步骤:

[0005] 从包括所述室的室顶的室表面去除包括聚合物材料的残余物,这如下实现:将 RF 等离子体源功率耦合到室中,同时实质上不将 RF 等离子体偏置功率耦合到室中,并将含氢气体引入室中,直到所述残余物被从室表面去除;

[0006] 从光刻胶掩膜的表面去除保护性聚合物层,这如下实现:将 RF 等离子体偏置功率耦合到室中,同时实质上不将 RF 等离子体源功率耦合到室中,并将包含氧和一氧化碳的处理气体引入室中,直到聚合物层被从光刻胶表面去除。

附图说明

[0007] 图 1 为实施本发明的工艺的流程框图；

[0008] 图 2A、2B、2C 和 2D 依次示出了在图 1 的工艺的各步骤时的薄膜结构变化；

[0009] 图 3 示出了适用于进行图 1 的工艺并具有按照执行图 1 的工艺编程的控制器的等离子体反应器。

具体实施方式

[0010] 本发明的等离子体蚀刻和光刻胶剥离工艺解决了通过光刻胶剥离工艺来去除低 k 通孔底部阻挡层的问题。本发明是基于发明人的以下认识：光刻胶剥离时阻挡层的去除问题是由于蚀刻之后的光刻胶去除步骤开始时在室内部表面上以及晶片本身上均存在含氟残余物而引起的。光刻胶剥离工艺将氟化合物（和游离氟）从蚀刻过程中沉积的残余物中释放。用于剥离光刻胶的基于氨的等离子体中存在的氢与被释放的氟化合物结合，导致低 k 阻挡层的高反应性等等离子体蚀刻。本发明的工艺消除了此问题。

[0011] 现在参见图 1，光刻胶掩膜被光刻限定在薄膜结构的顶表面上（图 1 的方框 10）。工艺的这个阶段的薄膜结构示于图 2A。图 2A 的薄膜结构包括抗反射涂层 12，抗反射涂层 12 被在图 1 的方框 10 的步骤中沉积的光刻胶层 14 覆盖，光刻胶层 14 具有光刻限定的孔 14a。含二氧化硅的电介质层 16 位于抗反射涂层 12 下方，有机硅酸盐玻璃层 18 位于电介质层 16 下方，厚多孔有机硅酸盐玻璃层 20（低 k 电介质材料）位于有机硅酸盐玻璃层 18 下方。薄扩散阻挡层 22 位于多孔有机硅酸盐玻璃层 20 下方，并由能够阻止或阻挡铜原子扩散的低 k 电介质材料（例如掺氮碳化硅）构成。被氧化物层 26 包围的铜导线 24 位于阻挡层 22 下方。

[0012] 在下一步骤（图 1 的方框 30）中，氟碳或氟烃处理气体流入反应器室，同时施加等离子体 RF 源功率和等离子体 RF 偏置功率，以在相对低的室压力（例如，mTorr 量级）下形成等离子体。在室中保持此条件，直到穿过图 2B 的薄膜结构向下至阻挡层 22 的顶表面开设通孔 32。图 2B 示出了图 1 的方框 30 的步骤完成后的薄膜结构。在图 1 的方框 30 的蚀刻步骤中，部分处理气体形成简单（高氟含量）的氟碳蚀刻剂物质，用于形成通孔 32（图 2B）。同时，形成了其它富含碳的氟碳物质，该物质在光刻胶层 14 的顶表面上聚积成聚合物层 34（图 2B）并在反应器室的内表面上聚积成聚合物层（图 2B 中未示出）。

[0013] 在图 1 的方框 40 中，在去除光刻胶层 14 之前进行如下步骤：从反应器室内表面去除含氟聚合物，而不损坏或去除易损的薄阻挡层 22。这如下实现：去除晶片上的偏置功率，然后用氨气替代反应器室中的氟碳或氟烃处理气体。等离子体 RF 功率源将氨充分分解，以使来自氨处理气体的氢与室内表面上的聚合物中的氟和碳原子反应，从而将聚合物从那些表面去除。晶片上的 RF 偏置功率被设定为零（或足够接近零），从而避免由氨气产生的等离子体向下达到窄通孔而侵蚀薄阻挡层 22。结果，该步骤可进行足够长的时间以确保聚积的聚合物从内部室表面彻底去除。

[0014] 在图 1 的方框 42 中，在去除光刻胶层 14 之前进行另一个步骤：从光刻胶层 14 的顶表面去除含氟聚合物层 34，而不损坏或去除通孔 32 底部的易损且薄的阻挡层 22。这如下实现：去除 RF 源功率并对晶片施加 RF 偏置功率。此外，在反应器室内建立由氧和一氧化碳组成并且不含任何含氢或含氟化合物的处理气体环境。例如，当方框 40 和 42 的步骤的

进行顺序可以颠倒时,如果方框 42 的步骤在方框 40 的步骤之后进行,则合适的处理气体环境如下建立:完全去除氨处理气体,去除 RF 等离子体源功率,将氧和一氧化碳流入反应器室,并对晶片施加 RF 等离子体偏置功率。缺少 RF 等离子体源功率,这限制(或防止)了氧分子的分解。未分解的氧不侵蚀薄阻挡层 22,而是侵蚀光刻胶层 14 表面上的聚合物层 34。氧与聚合物层 34 的反应去除了聚合物层 34,从而得到图 2C 所示的结构,同时在等离子体中产生一些会侵蚀易损的阻挡层 22 的高反应性(低碳含量)的含氟碳物质。处理气体中存在的一氧化碳原子防止了这种侵蚀。一氧化碳原子反应迅速,与此步骤中产生的低碳含量反应性物质结合,将这种反应性物质转化成不侵蚀易损的阻挡层 22 的更具惰性的富含碳的氟碳物质。

[0015] 在最终步骤(图 1 的方框 46)中,在相同的处理室中去除光刻胶层 14。方框 46 的光刻胶剥离或去除步骤通常如下进行:去除氧和一氧化碳处理气体,引入氨气,对反应器顶部电极施加 RF 等离子体源功率,对晶片施加 RF 等离子体偏置功率。由于所有的含氟沉积物已从室内表面和晶片本身去除,因此等离子体环境不含氟,从而使此最后步骤(光刻胶去除)中释放的氢无法损坏暴露的阻挡层 22。这个步骤也去除抗反射涂层 12。方框 46 的光刻胶去除步骤进行足够的时间以确保光刻胶去除,并且得到图 2D 所示的薄膜结构。

[0016] 在我们已经进行的图 1 的工艺的实验中发现,阻挡层 22 的材料损失为 2nm 或更小,这是可忽略的量,因此可允许晶片上的特征尺寸减小至 45nm。

[0017] 图 3 示出了一种用于进行图 1 的工艺的等离子体反应器。图 3 的反应器具有由柱形侧壁 105 和盘形室顶电极 110 限定的真空室 100。支撑晶片 120 的静电卡盘 115 包括具有耦合至 DC 卡盘电压源 135 的内部电极 130 的绝缘体层 125。RF 等离子体偏置功率发生器 140 通过阻抗匹配元件 145 和绝缘电容器 150 耦合至电极 130。VHF(例如 162MHz)RF 源功率发生器 155 通过阻抗匹配元件 162 耦合至室顶电极 110。该阻抗匹配元件可以是在 VHF 发生器 155 的频率附近共振的共轴调谐短截线,电极 110 具有与室 100 中的等离子体在 VHF 发生器 155 的频率附近形成共振的电抗,如 2003 年 3 月 4 日授权的 Daniel Hoffman 等人的名称为“PLASMA REACTION WITH OVERHEAD RF ELECTRODE TUNED TO THE PLASMA”的美国专利 No. 6528751(转让给本申请人)中所公开,通过引用将其公开内容结合在本文中。室顶电极 110 也是气体分布喷头。处理气体通过室顶电极 110 中的气体分布孔的内侧区 160 和气体分布孔的外侧区 165 流入室 100 中。气体板 170 提供选定的处理气体并在内侧区 160 与外侧区 165 之间分配气体流。内侧和外侧电磁体 180、185 按照由 DC 电流源 190 对其施加的 DC 电流来控制室 100 内的等离子体离子密度分布。由节流阀 205 调节的真空泵 200 在室 100 中建立期望的真空室压力。用一组指令 196 对主控制器 195 编程以执行图 1 所示类型的工艺序列,并为此目的控制气体板 170、DC 磁电流源 190、VHF 源功率发生器 155、RF 偏置功率发生器 140 和节流阀 205 的操作。在此情况下,对主控制器 195 编程的指令组 196 如下:(1) 从气体板 170 供给氟碳处理气体,施加偏置和源功率以蚀刻穿过低 k 电介质层的通孔;(2) 施加源功率,关闭偏置功率并用来自气体板 170 的氨气填充该室,以从内部室表面去除聚积的聚合物;(3) 施加偏置功率,关闭源功率并用来自气体板 170 的氧气和一氧化碳处理气体填充该室,以从晶片去除沉积的聚合物;以及(4) 从晶片去除光刻胶。

[0018] 在一个可行的实施例中,进行图 1 的方框 40 的步骤的条件如下:到喷头或室顶电极 110 的氨流率为 300sccm, VHF 发生器的源功率为 400W,室压力为 10mT,内侧区 160 与外

侧区 165 的流率之比为 1.35, 仅施加到内侧电磁体的 DC 电流为 14A, 该步骤的处理时间为 30s。进行方框 42 的步骤的条件如下: 氧气流率为 100sccm, 一氧化碳气体为 50sccm, 源功率为 0, RF 偏置功率为 100W (使用 2MHz 和 13.56MHz 的源), 室压力为 5mT, 内侧与外侧区流率之比为 1.35, 仅施加到内侧电磁体的 DC 电流为 14A, 该步骤的处理时间为 60s。

[0019] 尽管上文通过优选实施方式具体描述了本发明, 但应当理解, 在不脱离本发明的实质精神和范围的前提下, 可以对本发明进行改变和改进。

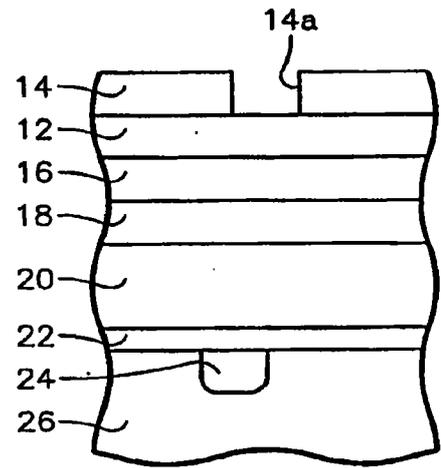
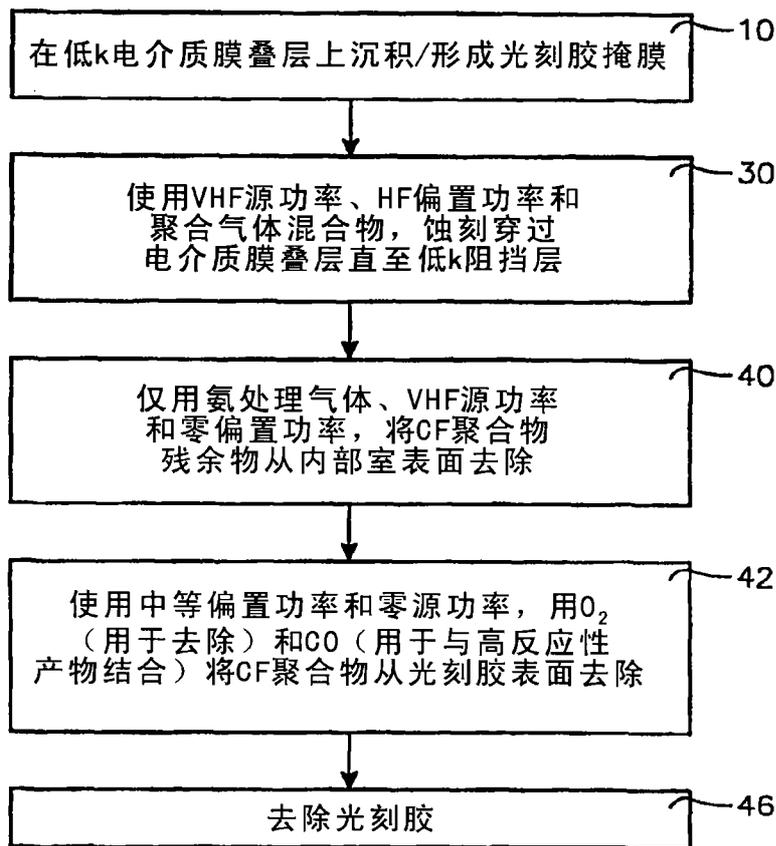


图 2A

图 1

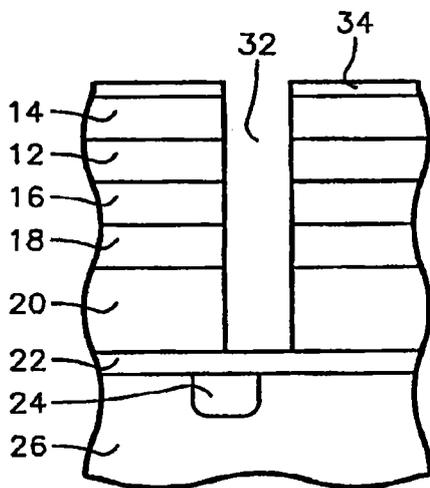


图 2B

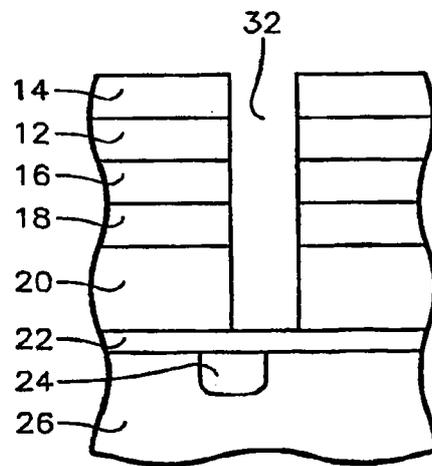


图 2C

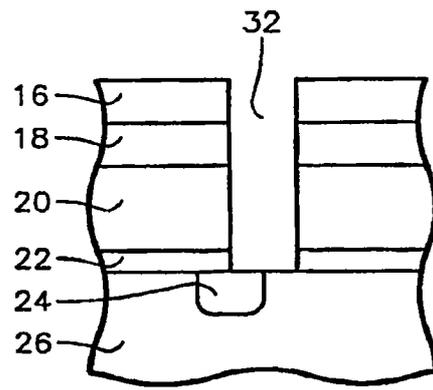


图 2D

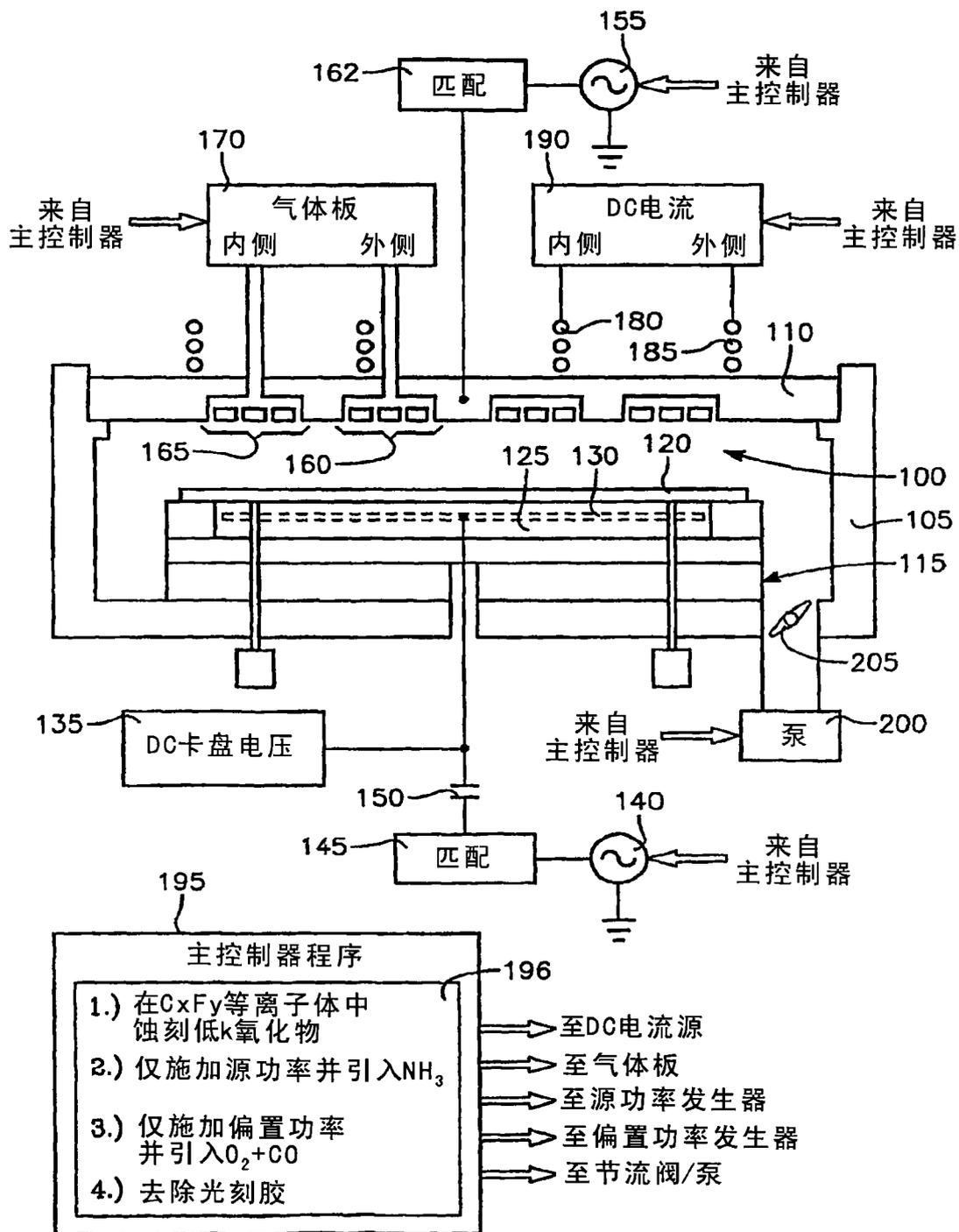


图 3