



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102348830 A

(43) 申请公布日 2012. 02. 08

(21) 申请号 201080011240. 1

H01L 21/28(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 02. 04

H01L 21/285(2006. 01)

(30) 优先权数据

H01L 21/3205(2006. 01)

2009-056825 2009. 03. 10 JP

H01L 23/52(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 09. 09

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2010/051592 2010. 02. 04

(87) PCT申请的公布数据

W02010/103880 JA 2010. 09. 16

(71) 申请人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 桧皮贤治 小岛康彦

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

公司 11322

代理人 龙淳

(51) Int. Cl.

G23C 16/18(2006. 01)

G23C 16/52(2006. 01)

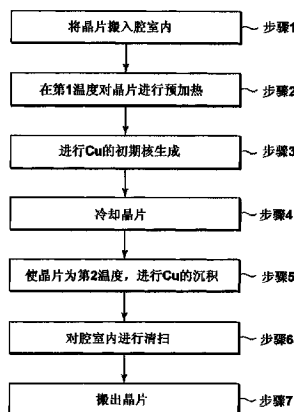
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 11 页

(54) 发明名称

Cu 膜的成膜方法和存储介质

(57) 摘要

对保持于相对高的第 1 温度且具有作为成膜基底膜的 Ru 膜的晶片供给含有 Cu 配位化合物的成膜原料,在晶片上生成 Cu 的初期核,之后,对保持于相对低的第 2 温度的晶片供给含有 Cu 配位化合物的成膜原料,在生成有 Cu 的初期核的晶片上沉积 Cu。



1. 一种 Cu 膜的成膜方法,在基板上通过 CVD 法形成 Cu 膜,其特征在于,包括:
对保持于相对高的第 1 温度的基板供给含有 Cu 配位化合物的成膜原料,在基板上生成 Cu 的初期核的工序;和
对保持于相对低的第 2 温度的基板供给含有 Cu 配位化合物的成膜原料,在生成有 Cu 的初期核的基板上沉积 Cu 的工序。
2. 如权利要求 1 所述的 Cu 膜的成膜方法,其特征在于:
作为 Cu 配位化合物使用 1 价的 Cu 配位化合物。
3. 如权利要求 1 所述的 Cu 膜的成膜方法,其特征在于:
作为基板使用在表面上具有用 CVD 法形成的 Ru 膜的基板,在所述 Ru 膜上生成所述 Cu 的初期核。
4. 如权利要求 1 所述的 Cu 膜的成膜方法,其特征在于:
所述第 1 温度为 240 ~ 280°C,所述第 2 温度为 150 ~ 130°C。
5. 如权利要求 1 所述的 Cu 膜的成膜方法,其特征在于:
还包括在所述 Cu 初期核生成后冷却基板的工序。
6. 如权利要求 1 所述的 Cu 膜的成膜方法,其特征在于:
在处理容器内,在基座上载置基板,通过加热器加热基座,并且使所述处理容器内的压力为相对高压的第 1 压力,将基板加热到所述第 1 温度附近的温度后,使所述处理容器内的压力为相对低压的第 2 压力,使基板为所述第 1 温度,进行所述 Cu 的初期核的生成,在基板温度达到所述第 2 温度时进行所述 Cu 的沉积。
7. 如权利要求 1 所述的 Cu 膜的成膜方法,其特征在于:
在第 1 单元进行所述 Cu 的初期核的生成后,在第 2 单元进行所述 Cu 的沉积。
8. 如权利要求 1 所述的 Cu 膜的成膜方法,其特征在于:
还包括在生成所述 Cu 的初期核的工序之前,将基板预加热到高于所述第 1 温度的温度的工序,对预加热后的基板不加热,进行所述 Cu 的初期核的生成和所述 Cu 的沉积。
9. 如权利要求 8 所述的 Cu 膜的成膜方法,其特征在于:
所述预加热温度高于所述第 1 温度。
10. 如权利要求 8 所述的 Cu 膜的成膜方法,其特征在于:
所述预加热在预加热单元进行,所述 Cu 的初期核的生成和所述 Cu 的沉积在 Cu 膜成膜单元进行。
11. 如权利要求 8 所述的 Cu 膜的成膜方法,其特征在于:
所述预加热在预加热单元进行,所述 Cu 的初期核的生成在 Cu 初期核生成单元进行,所述 Cu 的沉积在 Cu 沉积单元进行。
12. 一种存储介质,存储在计算机上运行、用于控制成膜装置的程序,其特征在于:
所述程序在执行时,在计算机中控制所述成膜装置,使其执行 Cu 膜的成膜方法,所述 Cu 膜的成膜方法包括:
对保持于相对高的第 1 温度的基板供给含有 Cu 配位化合物的成膜原料,在基板上生成 Cu 的初期核的工序;和
对保持于相对低的第 2 温度的基板供给含有 Cu 配位化合物的成膜原料,在生成有 Cu 的初期核的基板上沉积 Cu 的工序。

Cu 膜的成膜方法和存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及在半导体基板等基板上通过 CVD 形成 Cu 膜的 Cu 膜的成膜方法和存储介质。

背景技术

[0002] 近年来,随着半导体设备的高速化、配线图案的微细化,高于 Al 导电性且电子迁移耐性等也良好的 Cu 作为配线、镀 Cu 的晶种层、接触插头的材料备受瞩目。

[0003] 作为该 Cu 的成膜方法,大多使用以溅射法为代表的物理蒸镀 (PVD) 法,但伴随半导体设备的微细化,阶跃式覆盖率 (Step coverage) 差这一缺点变得明显。

[0004] 因此,作为 Cu 膜的成膜方法,一直使用着通过含有 Cu 的原料气体的热分解反应和该原料气体利用还原性气体的还原反应在基板上形成 Cu 膜的化学气相沉积生长 (CVD) 法。通过这样的 CVD 法形成的 Cu 膜 (CVD-Cu 膜) 由于阶跃式覆盖率 (高差被覆性) 高、在细长且深的图案内的成膜性优异,因此对微小的图案的追踪性高,适于形成配线、镀 Cu 的晶种层、接触插头。

[0005] 在通过 CVD 法形成 Cu 膜时,已知有在成膜原料 (前体) 中使用六氟乙酰丙酮 - 三甲基乙烯基硅烷铜 (Cu(hfac)TMVS) 等 Cu 配位化合物,将其热分解的技术 (例如日本特开 2000-282242 号公报)。

[0006] 以这样的 Cu 配位化合物作为原料而形成 CVD-Cu 膜时,最初在基底膜的表面生成初期核,在其上沉积 Cu 而形成 Cu 膜。为了形成具有良好表面性状的 Cu 膜,需要提高初期核密度,且不使其凝集而进行成膜。

[0007] 但是,作为成膜原料的 Cu 配位化合物大多使用 1 价的配位化合物,虽然在 130 ~ 150℃ 左右的温度能够不使其凝集地形成 Cu 膜,但生成初期核费时,成膜速度慢。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供能够以高的成膜速度形成表面性状良好的 CVD-Cu 膜的 Cu 膜的成膜方法。

[0009] 另外,本发明的另一个目的在于提供存储用于执行这样的成膜方法的程序的存储介质。

[0010] 根据本发明,提供一种 Cu 膜的成膜方法,在基板上通过 CVD 法形成 Cu 膜,其包括对保持于相对高的第 1 温度的基板供给含有 Cu 配位化合物的成膜原料,在基板上生成 Cu 的初期核的工序;和对保持于相对低的第 2 温度的基板供给含有 Cu 配位化合物的成膜原料,在生成有 Cu 的初期核的基板上沉积 Cu 的工序。

[0011] 另外,根据本发明,提供一种存储介质,存储在计算机上运行、用于控制成膜装置的程序,上述程序在执行时,在计算机中控制上述成膜装置,使其执行 Cu 膜的成膜方法,上述 Cu 膜的成膜方法包括对保持于相对高的第 1 温度的基板供给含有 Cu 配位化合物的成膜原料,在基板上生成 Cu 的初期核的工序;和对保持于相对低的第 2 温度的基板供给含有 Cu

配位化合物的成膜原料,在生成有 Cu 的初期核的基板上沉积 Cu 的工序。

附图说明

[0012] 图 1 是表示实施本发明的第 1 实施方式相关的成膜方法的成膜装置的结构的一个例子的简要剖面图。

[0013] 图 2 是表示本发明的第 1 实施方式的方法的流程图。

[0014] 图 3 是表示在作为基底膜的 CVD-Ru 膜上生成有 Cu 的初期核的状态的示意图。

[0015] 图 4 是表示以包埋 Cu 的初期核的方式沉积 Cu 而形成 Cu 膜的状态的示意图。

[0016] 图 5 是表示用于实施本发明的第 2 实施方式的成膜方法的成膜装置的一个例子的示意图。

[0017] 图 6 是表示第 2 实施方式相关的成膜方法的流程图。

[0018] 图 7 是表示用于实施本发明的第 3 实施方式的成膜方法的成膜装置的一个例子的示意图。

[0019] 图 8 是表示图 7 的装置的预加热单元的简要剖面图。

[0020] 图 9 是表示图 7 的装置的 Cu 膜成膜单元的简要剖面图。

[0021] 图 10 是表示第 3 实施方式相关的成膜方法的流程图。

[0022] 图 11 是表示用于实施本发明的第 4 实施方式的成膜方法的成膜装置的一个例子的示意图。

[0023] 图 12 是表示第 4 实施方式相关的成膜方法的流程图。

[0024] 图 13A 是表示在实际中应用本发明的第 3 实施方式时的初期核生成后的状态的扫描型显微镜照片。

[0025] 图 13B 表示在实际中应用本发明的第 3 实施方式时的 Cu 沉积后的状态的扫描型显微镜照片。

具体实施方式

[0026] 以下,参照附图,说明本发明的实施方式。

[0027] < 第 1 实施方式 >

[0028] (用于实施第 1 实施方式的成膜方法的成膜装置的结构)

[0029] 图 1 是表示实施本发明的第 1 实施方式相关的成膜方法的成膜装置的结构的一个例子的简要剖面图。

[0030] 该成膜装置 100 具有作为处理容器气密性构成的略为圆筒状的腔室 1,在其中用于水平支持作为被处理基板的半导体晶片 W 的基座 2 以被设置在其中央下部的圆筒状的支持部件 3 支持的状态配置。该基座 2 由 AlN 等的陶瓷构成。另外,在基座 2 中埋设有加热器 5,在该加热器 5 连接有加热器电源 6。另一方面,在基座 2 的上面附近设置有热电偶 7,热电偶 7 的信号向加热器控制器 8 传送。这样,加热器控制器 8 根据热电偶 7 的信号,给加热器电源 6 发送指令,控制加热器 5,从而将晶片 W 控制在规定的温度。

[0031] 在腔室 1 的顶壁 1a,形成有圆形的孔 1b,嵌入喷淋头 10 使其从孔向腔室 1 内突出。喷淋头 10 用于向腔室 1 内排出由下述气体供给设备 30 供给的成膜用的气体,在其上部具有导入作为成膜原料的 1 价的 Cu 配位化合物、例如 1 价的 β -二酮配位化合物的六氟乙酰

丙酮-三甲基乙烯基硅烷铜 (Cu(hfac)TMVS) 的第 1 导入通路 11, 和向腔室 1 内导入还原剂的第 2 导入通路 12。作为该稀释气体, 例如使用 Ar 气体或 H₂ 气体。

[0032] 在喷淋头 10 的内部在上下 2 级设置空间 13、14。在上侧的空间 13 连接有第 1 导入通路 11, 第 1 气体排出通路 15 从该空间 13 延伸至喷淋头 10 的底面。在下侧的空间 14 连接有第 2 导入通路 12, 第 2 气体排出通路 16 从该空间 14 延伸至喷淋头 10 的底面。即, 喷淋头 10 从排出通路 15 和 16 分别独立排出作为成膜原料的 Cu 配位化合物和稀释气体。

[0033] 在腔室 1 的底壁, 设置有向下方突出的排气室 21。在排气室 21 的侧面连接有排气管 22, 该排气管 22 连接有具有真空泵和压力控制阀的排气装置 23。这样, 能够通过该排气装置 23 运转使腔室 1 内减压至规定的减压状态。

[0034] 另外, 通过压力计 24 检测腔室 1 内的压力, 基于该检测值控制排气装置 23 的压力控制阀的开度, 从而控制腔室 1 内的压力。

[0035] 在腔室 1 的侧壁, 设置有用在晶片搬运室 (没有图示) 之间进行晶片 W 的搬入搬出的搬入搬出口 25, 和开关该搬入搬出口 25 的闸阀 G。另外, 在腔室 1 的壁部设置有加热器 26, 能够在成膜处理时控制腔室 1 的内壁的温度。

[0036] 气体供给设备 30 具有储藏作为成膜原料的 1 价的 Cu 配位化合物、例如液态的 1 价 β-二酮配位化合物 Cu(hfac)TMVS 的成膜原料槽 31。作为构成成膜原料的 Cu 配位化合物, 能够使用 Cu(hfac)ATMS、Cu(hfac)DMDVS、Cu(hfac)TMOVS 等其它的 1 价 β-二酮配位化合物。使用的 1 价 Cu 配位化合物在常温为固体时, 能够以溶解于溶剂的状态储藏成膜原料槽 31 中。

[0037] 在成膜原料槽 31, 插入有用于从上方供给 He 气体等的加压气体的加压气体配管 32, 加压气体配管 32 上安装有阀 33。另外, 在成膜原料槽 31 内的成膜原料, 原料送出配管 34 从上方插入, 在该原料配管 34 的另一端连接有气化器 37。在原料送出配管 34 安装有阀 35 和液体质量流量控制器 36。然后, 通过经由加压气体配管 32 向成膜原料槽 31 内导入加压气体, 成膜原料槽 31 内的 Cu 配位化合物、例如 Cu(hfac)TMVS 直接以液体向气化器 37 供给。此时的液体供给量通过液体质量流量控制器 36 控制。

[0038] 在气化器 37 连接有供给作为载体气体的 Ar 或 H₂ 等的载体气体配管 38。在载体气体配管 38 设置有质量流量控制器 39 和隔着质量流量控制器 39 的 2 个阀 40。另外, 在气化器 37 连接有向喷淋头 10 供给被气化的 Cu 配位化合物的成膜原料气体供给配管 41。在成膜原料气体供给配管 41 安装有阀 42, 其另一端连接喷淋头 10 的第 1 导入通路 11。然后, 在气化器 37 气化的 Cu 配位化合物被载持于载体气体而向成膜原料气体供给配管 41 送出, 从第 1 导入通路 11 供给到喷淋头 10 内。

[0039] 在气化器 37、成膜原料气体供给配管 41 和直至载体气体配管的下游侧的阀 40 的部分, 设置有用以防止成膜原料气体冷凝的加热器 43。由加热器电源 (没有图示) 对加热器 43 供电, 通过控制器 (没有图示) 进行温度控制。

[0040] 在喷淋头 10 的第 2 导入通路 12, 连接有供给稀释气体的稀释气体供给配管 44。在该稀释气体供给配管 44 安装有阀 45。然后, 通过稀释气体供给配管 44 从第 2 导入通路 12 向喷淋头 10 内供给作为稀释气体的 Ar 气体或 H₂ 气体。

[0041] 成膜装置 100 具有控制部 50, 通过该控制部 50 进行各构成部的控制, 例如加热器电源 6、排气装置 23 (压力控制阀、真空泵)、质量流量控制器 36、39、阀 33、35、40、42、45 等

的控制和经过加热器控制器 8 的基座 2 的温度控制等。该控制部 50 具有具备微处理器（电子计算机）的过程控制器 51、用户界面 52 和存储部 53。在过程控制器 51，成膜装置 100 的各构成部电连通而受到控制。用户界面 52 与过程控制器 51 连接，其包括操作员为了管理成膜装置 100 的各构成部而进行指令的输入操作等的键盘和使成膜装置 100 的各构成部的运行状况可视化显示的显示器等。存储部 53 也与过程控制器 51 连接，该存储部 53 中收纳有用于通过过程控制器 51 的控制而实现在成膜装置 100 运行的各种处理的控制程序、用于对应处理条件在成膜装置 100 的各构成部运行规定的处理的控制程序，即处理方案，和各种数据库等。处理方案存储在存储部 53 中的存储介质（没有图示）中。存储介质可以是硬盘等的固定设置的存储介质，也可以是 CDROM、DVD、闪存等的可移动性的存储介质。另外，也可以从其它装置，例如通过专用电路适当传送方案。

[0042] 这样，根据需要，根据来自用户界面 52 的指示等，从存储部 53 调出规定的处理方案，在过程控制器 51 执行，由此可以在过程控制器 51 的控制下，在成膜装置 100 进行所需的处理。

[0043] （第 1 实施方式相关的 Cu 膜的成膜方法）

[0044] 接着，说明使用如上结构的成膜装置的本实施方式的 Cu 膜的成膜方法。

[0045] 这里，以使用在表面上通过 CVD 法形成有 Ru 膜（CVD-Ru 膜）的晶片 W、在其上使用 1 价的 β 二酮配位化合物 Cu(hfac)TMVS 作为成膜原料形成 Cu 膜为例进行说明。其中，CVD-Ru 膜优选作为成膜原料使用 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 形成的膜。由此，由于可以得到高纯度的 CVD-Ru，能够形成清洁且牢固的 Cu 和 Ru 的界面。作为形成 CVD-Ru 膜的装置，除了对在常温为固体的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 进行加热而供给所产生的蒸气以外，能够使用与图 1 的装置相同结构的装置。

[0046] 图 2 是第 1 实施方式相关的 Cu 膜的成膜方法的流程图。

[0047] 首先，通过加热器 5 将晶片 2 加热到例如 220 ~ 250℃，打开闸阀 G，通过没有图示的搬运装置将上述结构的晶片 W 搬入腔室 1 内，载置于基座 2 上（步骤 1）。

[0048] 然后，通过排气装置 23 对腔室 1 内进行排气，使腔室 1 内的压力为相对高的第 1 压力，例如 133 ~ 1333Pa (1 ~ 10Torr)，对晶片 W 进行预加热到与基座 2 的温度相同程度的相对高的第 1 温度（步骤 2）。此时，同时经过载体气体配管 38、气化器 37、成膜原料气体配管 41、喷淋头 10 向腔室 1 内以 100 ~ 1500mL/min (sccm) 的流量供给载体气体，再经过稀释气体供给配管 44、喷淋头 10 向腔室 1 内导入 0 ~ 1500mL/min (sccm) 左右的稀释气体，进行稳定化。

[0049] 经过规定时间后，使腔室 1 内的压力降低至相对低的第 1 压力，例如 4.0 ~ 13.3Pa (0.03 ~ 0.1Torr)，同时，保持供给载体气体和稀释气体的状态，以 50 ~ 70℃的气化器 37 使液体的 Cu(hfac)TMVS 气化，导入到腔室 1 内，进行 Cu 的初期核生成（步骤 3）。此时的 Cu(hfac)TMVS 的流量，例如以液体计为 50 ~ 1000mg/min 左右。

[0050] 成膜原料 Cu(hfac)TMVS 在利用基座 2 的加热器 5 加热的被处理基板晶片 W 上通过以下的 (1) 式所示的反应分解，如图 3 所示，在作为基底膜的 CVD-Ru 膜 201 上生成 Cu 的初期核 202。

[0051] $2\text{Cu}(\text{hfac})\text{TMVS} \rightarrow \text{Cu} + \text{Cu}(\text{hfac})_2 + 2\text{TMVS}$ (1)

[0052] 由于该工序的最初的晶片 W 的温度与基座 2 的温度相同程度，例如为 220 ~ 250℃

左右,高于通常的成膜温度,因此促进初期核的生成,以短时间生成高密度的初期核。

[0053] 此时,腔室 1 内的压力为相对低的第 2 压力,因此从基座 2 向晶片 W 的传热小,温度缓缓降低,初期核生成期间维持在充分高的温度。

[0054] 在初期核生成结束时,由于晶片 W 的温度高于成膜温度,因此停止 Cu(hfac)TMVS 的供给,将腔室 1 内的压力维持在第 2 压力,冷却晶片 W(步骤 4)。

[0055] 然后,在晶片 W 被冷却到成膜温度的相对低的第 2 温度、例如 130 ~ 150°C 时,重新开始 Cu(hfac)TMVS 的供给而进行 Cu 的沉积(步骤 5)。此时的 Cu(hfac)TMVS 的流量例如为 50 ~ 1000mg/min。由此,通过上述(1)式所示的反应,如图 4 所示,以包埋 Cu 的初期核 202 的方式沉积 Cu,形成 Cu 膜 203。

[0056] 此时,由于在相对低的第 2 温度、例如在 130 ~ 150°C 进行成膜,因此难以发生 Cu 的凝集,可以形成具有平滑性高的良好表面性状的 Cu 膜。

[0057] 然后,这样操作而形成 Cu 膜后,进行腔室 1 内的清扫(步骤 6)。此时,停止 Cu(hfac)TMVS 的供给后,使排气装置 23 的真空泵为切断状态,以载体气体和稀释气体为清扫气体,流入腔室 1 内,对腔室 1 内进行清扫。此时,从尽量迅速地对腔室 1 内进行清扫的观点出发,优选断续地进行载体气体的供给。

[0058] 清扫结束后,打开闸阀 G,通过没有图示的搬运装置,经过搬入搬出口 25 搬出晶片 W(步骤 7)。由此,结束 1 枚晶片 W 的一系列工序。

[0059] 如上所述,在本实施方式中,在相对高(高于成膜温度的第 2 温度)的第 1 温度进行 Cu 的核生成,因此能够缩短核生成的时间,特别是孵育时间,之后,由于在相对低(低于第 1 温度)的第 2 温度进行 Cu 的沉积,因此可以抑制 Cu 的凝集而形成具有平滑性高的良好表面性状的 Cu 膜。即,能够以高成膜速度形成表面性状良好的 CVD-Cu 膜。

[0060] 另外,在本实施方式中,由于基本上在 1 个腔室通过改变腔室内压力而进行初期核的生成和 Cu 的沉积,因此不需要用于搬运的时间,提高成膜速度的效果极大。

[0061] <第 2 实施方式>

[0062] (用于实施第 2 实施方式的成膜方法的成膜装置的结构)

[0063] 图 5 是表示用于实施本发明的第 2 实施方式的成膜方法的成膜装置的示意图。该成膜装置是能够不破坏真空地以原位(in-situ)方式连续地实施 Cu 的初期核生成和之后的 Cu 的沉积的多腔室类型。

[0064] 该成膜装置均保持于真空,具备 Cu 初期核生成单元 61 和 Cu 沉积单元 62,它们经过闸阀 G 与搬运室 65 相连接。另外,加载互锁真空室(load lock chamber)66、67 经过闸阀 G 与搬运室 65 相连接。搬运室 65 保持于真空。在加载互锁真空室 66、67 的搬运室 65 的相反侧设置有大气气氛气的搬入搬出室 68,在搬入搬出室 68 的加载互锁真空室 66、67 的连接部分的相反侧设置有安装 3 个能够收纳晶片 W 的支座 C 的支座安装口 69、70、71。

[0065] 在搬运室 65 内,设置有对 Cu 初期核生成单元 61 和 Cu 沉积单元 62、加载互锁真空室 66、67 进行晶片 W 的搬入搬出的搬运装置 72。该搬运装置 72 设置于搬运室 65 的大致中央,在能够旋转和伸缩的旋转伸缩部 73 的前端具有支持半导体晶片 W 的 2 个支持臂 74a、74b,这两个支持臂 74a、74b 以互相朝向相反方向的方式安装于旋转伸缩部 73。

[0066] 在搬入搬出室 68 内,设置有进行对支座 C 搬入搬出晶片 W 和对加载互锁真空室 66、67 搬入搬出晶片 W 的搬运装置 76。该搬运装置 76 具有多关节臂结构,能够沿着支座 C

的排列方向在导轨 78 上行进,在其前端的支持臂 77 上载持晶片 W 而进行其搬运。

[0067] 该成膜装置具有控制各结构部的控制部 80,由此进行 Cu 初期核生成单元 61 的各结构部、Cu 沉积单元 62 的各结构部、搬运装置 72、76、搬运室 65 的排气系统(没有图示)、闸阀 G 的开关等的控制。该控制部 80 具有具备微处理器(电子计算机)的过程控制器 81、用户界面 82 和存储部 83,这些与图 1 的过程控制器 51、用户界面 52 和存储部 53 同样构成。

[0068] 此外, Cu 初期核生成单元 61 和 Cu 沉积单元 62 均与上述第 1 实施方式的成膜装置 100 同样构成。

[0069] (第 2 实施方式相关的 Cu 膜的成膜方法)

[0070] 接着,说明使用如上结构的成膜装置的本实施方式的 Cu 膜的成膜方法。

[0071] 图 6 是表示第 2 实施方式相关的成膜方法的流程图。

[0072] 首先,从支座 C 通过搬入搬出室 68 的搬运装置 76 向加载互锁真空室 66、67 中的任一个搬入晶片 W(步骤 11)。然后,对该加载互锁真空室进行真空排气后,通过搬运室 65 的搬运装置 72 取出该晶片 W,向 Cu 初期核生成单元 61 搬入晶片 W(步骤 12)。

[0073] 在 Cu 初期核生成单元 61 中,在基座上载置晶片 W,将腔室内压力设定于例如 4.0 ~ 13.3Pa(0.03 ~ 0.1Torr),将基座的温度设定于相对高温的第 1 温度,例如 240 ~ 280°C,与第 1 实施方式同样地,对腔室内供给载体气体和稀释气体进行稳定化后,以维持供给载体气体和稀释气体的状态,以 50 ~ 70°C 的气化器使液体的 Cu(hfac)TMVS 气化,导入腔室内,进行 Cu 的初期核生成(步骤 13)。由此,与第 1 实施方式同样地,如图 3 所示,在作为基底膜的 CVD-Ru 膜 201 上生成 Cu 的初期核 202。此时的 Cu(hfac)TMVS 的流量,例如以液体计为 50 ~ 1000mg/min 左右。

[0074] 在该工序中,由于基座温度设定于相对高温的第 1 温度例如 240 ~ 280°C,晶片的温度为比通常的成膜温度 150°C 高的 200°C 以上,因此促进初期核的生成,且短时间内生成高密度的初期核。

[0075] 接着,停止 Cu(hfac)TMVS 的供给,进行腔室内的清扫后,通过搬运装置 72 将晶片 W 搬出搬运室 65 进行冷却(步骤 14)。此时,搬运室 65 的压力设定为高至 133 ~ 1333Pa(1 ~ 10Torr),促进晶片 W 的冷却。

[0076] 然后,在晶片 W 冷却到作为成膜温度的相对低的第 2 温度、例如 130 ~ 150°C 时,将搬运装置 72 上的晶片 W 向 Cu 沉积单元 62 搬入(步骤 15)。

[0077] 在 Cu 沉积单元 62 中,将腔室内压力例如设定于 4.0 ~ 13.3Pa(0.03 ~ 0.1Torr),将晶片的温度设定于相对低温的第 2 温度、例如 130 ~ 150°C,与第 1 实施方式同样地,对腔室内供给载体气体和稀释气体进行稳定化后,以维持供给载体气体和稀释气体的状态,以 50 ~ 70°C 的气化器使液体的 Cu(hfac)TMVS 气化,导入腔室内,进行 Cu 的沉积(步骤 16)。此时的 Cu(hfac)TMVS 的流量设为例如 50 ~ 1000mg/min。由此,通过上述(1)式所示的反应,与第 1 实施方式同样地,如图 4 所示,以包埋 Cu 的初期核 202 的方式沉积 Cu,形成 Cu 膜 203。

[0078] 此时,由于在相对低的第 2 温度例如 130 ~ 150°C 进行成膜,因此难以发生 Cu 的凝集,且可以形成具有平滑性高的良好表面性状 of Cu 膜。

[0079] 接着,在进行 Cu 沉积单元 62 的清扫后,通过搬运装置 72 将晶片从 Cu 沉积单元 62 向搬运室 65 搬出,再经过加载互锁真空室 66、67,通过搬运装置 76,搬出到任一个支座

C(步骤 17)。

[0080] 如上所述,在本实施方式中,由于在相对高(高于成膜温度的第 2 温度)的第 1 温度进行 Cu 核生成,因此能够缩短核生成的时间,特别是缩短孵育时间,之后,在相对低(低于第 1 温度)的第 2 温度进行 Cu 的沉积,因此可以抑制 Cu 的凝集而形成具有平滑性高的良好表面性状 of Cu 膜。即,能够以高成膜速度形成表面性状良好的 CVD-Cu 膜。

[0081] 另外,在本实施方式中,由于将 Cu 初期核生成单元 61 和 Cu 沉积单元 62 这两个分别设定于适合 Cu 初期核生成和 Cu 沉积的条件,因此虽然需要晶片搬运的时间,但能够减少条件改变等的待机时间。

[0082] <第 3 实施方式>

[0083] (用于实施第 3 实施方式的成膜方法的成膜装置的结构)

[0084] 图 7 是表示用于实施本发明的第 3 实施方式的成膜方法的成膜装置的一个例子的示意图。在本实施方式中,除了具有预加热单元 91 和 Cu 成膜单元 92 代替第 2 实施方式的装置中 Cu 初期核生成单元 61 和 Cu 沉积单元 62 以外,具有与图 5 相同的结构,因此对相同的结构标记相同编号,并省略说明。

[0085] 预加热单元 91 和 Cu 成膜单元 92 保持于真空,经过闸阀 G 与搬运室 65 相连接。

[0086] 如图 8 所示,预加热单元 91 具有腔室 101、设置于腔室 101 内设置的埋设有加热器 102a 的基座 102、经过配管 103 连接有供给气氛气体例如 H₂ 气体的气氛气体供给源 104 的气体导入部 105 和与具备真空泵等的排气装置(没有图示)相连的排气管 106。

[0087] 在这样的预加热单元 91 中,基座 102 通过加热器 102a 加热到高于初期核生成时的温度的温度,例如 350 ~ 380°C,腔室 101 内保持在 133 ~ 1333Pa(1 ~ 10Torr) 的高压,能够以短时间对晶片 W 进行预加热。

[0088] 另外,如图 9 所示,Cu 膜成膜单元 92 除了没有加热器 5,与图 1 的成膜装置 100 同样构成。通过这样在 Cu 膜成膜单元 92 不设置加热器,Cu 成膜中不对晶片 W 供热而尽量防止 Cu 凝集。此外,图 9 的 Cu 膜成膜单元 92 中,由于除了没有加热器 5、加热电源 6、加热控制器 8、控制部 50 以外均与图 1 的成膜装置 100 相同,因此相同部分标相同符号并省略说明。此外,热电偶 7 的信号送至控制部 80 的过程控制器 81。

[0089] (第 3 实施方式相关的 Cu 膜的成膜方法)

[0090] 接着,说明使用如上结构的成膜装置的本实施方式的 Cu 膜的成膜方法。

[0091] 图 10 是表示第 3 实施方式相关的成膜方法的流程图。

[0092] 首先,从支座 C 通过搬入搬出室 68 的搬运装置 76 向加载互锁真空室 66、67 中的任一个内搬入晶片 W(步骤 21)。然后,对该加载互锁真空室 66、67 进行真空排气后,通过搬运室 65 的搬运装置 72 取出该晶片 W,向预加热单元 91 搬入晶片 W(步骤 22)。

[0093] 在预加热单元 91 内,加热到高于初期核生成时的温度的温度,例如 320 ~ 380°C,腔室 101 内保持于 133 ~ 1333Pa(1 ~ 10Torr) 的高压,以该状态在基座 102 上对晶片 W 进行预加热(步骤 23)。由于这样以高温高压条件对晶片 W 进行预加热,因此能够短时间内将晶片 W 预加热到所需的温度。

[0094] 接着,通过搬运装置 72,从预加热单元 91 搬出晶片 W,向 Cu 成膜单元 92 搬入(步骤 24)。

[0095] 在 Cu 成膜单元 92 中,在基座 2 上载置晶片 W,将腔室 1 内的压力设定于例如 4.0 ~

13.3Pa(0.03 ~ 0.1Torr),与第1实施方式同样地,向腔室1内供给载体气体和稀释气体进行稳定化,晶片W的温度达到相对高温的第1温度、例如240 ~ 280℃时,以保持供给载体气体和稀释气体的状态,用50 ~ 70℃的气化器使液体的Cu(hfac)TMVS气化,导入腔室内,进行Cu的初期核生成(步骤25)。由此,与第1实施方式同样地,如图3所示,在作为基底膜的CVD-Ru膜201上生成Cu的初期核202。此时的Cu(hfac)TMVS流量,例如以液体计为50 ~ 1000mg/min左右。

[0096] 在该工序中,在晶片温度达到相对高温的第1温度、例如240 ~ 280℃的高于通常的成膜温度150℃的200℃以上的温度时,进行初期核生成,因此促进初期核的生成,且以短时间生成高密度的初期核。

[0097] 接着,停止Cu(hfac)TMVS的供给,将腔室1内的压力维持于相同压力,冷却晶片W(步骤26)。

[0098] 然后,在晶片W被冷却到成膜温度的相对低的第2温度、例如130 ~ 150℃时,重新开始Cu(hfac)TMVS的供给而进行Cu的沉积(步骤27)。此时的Cu(hfac)TMVS的流量例如为50 ~ 1000mg/min。由此,通过上述(1)式所示的反应,与第1实施方式同样地,如图4所示,以包埋Cu的初期核202的方式沉积Cu,形成Cu膜203。

[0099] 此时,由于在相对低的第2温度、例如在130 ~ 150℃进行成膜,因此难以发生Cu的凝集,可以形成具有平滑性高的良好表面性状的Cu膜。

[0100] 接着,在进行了Cu膜成膜单元92的清扫后,通过搬运装置72将晶片W向搬运室65搬出,再经过加载互锁真空室66、67通过搬运装置76,向任一个支座C搬出(步骤28)。

[0101] 如上所述,在本实施方式中,在相对高(高于成膜温度的第2温度)的第1温度进行Cu的核生成,因此能够缩短核生成的时间,特别是孵育时间,之后,由于在相对低(低于第1温度)的第2温度进行Cu的沉积,因此可以抑制Cu的凝集而形成具有平滑性高的良好表面性状的Cu膜。即,能够以高成膜速度形成表面性状良好的CVD-Cu膜。

[0102] 另外,由于通过预加热单元91加热到高于初期核生成温度的温度后,在另外设置的Cu膜成膜单元92部加热晶片W而进行初期核生成和Cu沉积,因此晶片W不会受到多余的热,能够更有效地防止Cu的凝集。

[0103] <第4实施方式>

[0104] (用于实施第4实施方式的成膜方法的成膜装置的结构)

[0105] 图11是表示用于实施本发明的第4实施方式的成膜方法的成膜装置的一个例子的示意图。在本实施方式中,除了具有Cu初期核生成单元111和Cu沉积单元112代替第3实施方式的装置中Cu膜成膜单元92以外,与图7有相同的结构,因此相同部分标相同编号并省略说明。

[0106] Cu初期核生成单元111和Cu沉积单元112均具有与第3实施方式的Cu膜成膜单元92相同的结构。

[0107] (第4实施方式相关的Cu膜的成膜方法)

[0108] 接着,说明使用如上结构的成膜装置的本实施方式的Cu膜的成膜方法。

[0109] 图12是表示第4实施方式相关的成膜方法的流程图。

[0110] 首先,从搬运室C通过搬入搬出室68的搬运装置76向加载互锁真空室66、67中的任一个内搬入晶片W(步骤31)。然后,对该加载互锁真空室进行真空排气后,通过搬运室

65 的搬运装置 72 取出该晶片 W, 向预加热单元 91 内搬入晶片 W (步骤 32)。

[0111] 在预加热单元 91 中, 与第 3 实施方式同样地, 基座加热到高于初期核生成时的温度的温度, 例如 350 ~ 380°C, 将腔室内保持于 133 ~ 1333Pa (1 ~ 10Torr) 的高压, 以该状态对晶片 W 进行预加热 (步骤 33)。由于这样以高温高压条件对晶片 W 进行预加热, 因此能够以短时间将晶片 W 预加热到所需的温度。

[0112] 接着, 通过搬运装置 72, 将晶片 W 从预加热单元 91 搬出, 向 Cu 初期核生成单元 111 搬入 (步骤 34)。

[0113] 在 Cu 初期核生成单元 111 中, 在基座上载置晶片 W, 将腔室内的压力设定于例如 4.0 ~ 13.3Pa (0.03 ~ 0.1Torr), 与第 1 实施方式同样地, 对腔室 1 内供给载体气体和稀释气体进行稳定化, 在基座的温度达到相对高温的第 1 温度、例如 240 ~ 280°C 时, 以供给载体气体和稀释气体的状态, 用 50 ~ 70°C 的气化器使液体 Cu (hfac) TMVS 气化, 导入腔室内, 进行 Cu 的初期核生成 (步骤 35)。由此, 与第 1 实施方式同样地, 如图 3 所示, 在作为基底膜的 CVD-Ru 膜 201 上生成 Cu 的初期核 202。此时的 Cu (hfac) TMVS 的流量, 例如以液体计为 50 ~ 1000mg/min 左右。

[0114] 在该工序中, 在晶片温度达到相对高温的第 1 温度、例如 240 ~ 280°C 的高于通常的成膜温度 150°C 的 200°C 以上的温度时, 进行初期核生成, 晶片 W 的温度达到高于通常成膜温度 150°C 的 200°C 以上, 因此促进初期核的生成, 且以短时间形成高密度的初期核。

[0115] 接着, 停止 Cu (hfac) TMVS 的供给, 清扫腔室内后, 通过搬运装置 72 将晶片 W 向搬运室 65 搬出, 冷却晶片 W (步骤 36), 搬入 Cu 沉积单元 112 (步骤 37)。

[0116] 在 Cu 沉积单元 112 中, 将腔室内压力例如设定于 4.0 ~ 13.3Pa (0.03 ~ 0.1Torr), 在晶片 W 的温度达到低温的第 2 温度、例如 130 ~ 150°C 时, 与第 1 实施方式同样地, 对腔室内供给载体气体和稀释气体进行稳定化后, 以供给载体气体和稀释气体的状态, 用 50 ~ 70°C 的气化器中使 Cu (hfac) TMVS 气化, 导入腔室内, 进行 Cu 的沉积 (步骤 38)。此时的 Cu (hfac) TMVS 的流量设为小于核生成时的流量, 例如 100 ~ 500mg/min。由此, 通过上述 (1) 式所示的反应, 与实施方式 1 同样地, 如图 4 所示, 以包埋 Cu 的初期核 202 的方式沉积 Cu, 形成 Cu 膜 203。

[0117] 接着, 进行了 Cu 沉积单元 112 的清扫后, 通过搬运装置 72 将晶片 W 向搬运室 65 搬出, 再经过加载互锁真空室 66、67, 通过搬运装置 76, 向任一个支座 C 搬出 (步骤 39)。

[0118] 如上所述, 在本实施方式中, 在相对高 (高于成膜温度的第 2 温度) 的第 1 温度进行 Cu 的核生成, 因此能够缩短核生成的时间, 特别是孵育时间, 之后, 由于在相对低 (低于第 1 温度) 的第 2 温度进行 Cu 的沉积, 因此可以抑制 Cu 的凝集而形成具有平滑性高的良好表面性状的 Cu 膜。即, 能够以高成膜速度形成表面性状良好的 CVD-Cu 膜。

[0119] 另外, 由于通过预加热单元 91 加热到高于初期核生成温度的温度后, 在另外设置的 Cu 初期核生成单元 111 和 Cu 沉积单元 112 不加热晶片 W 地进行初期核生成和 Cu 沉积, 因此不会对晶片 W 施加多余的热量, 能够有效地防止 Cu 的凝集。

[0120] 此外, 由于在 Cu 初期核生成单元 111 进行了初期核生成后, 向 Cu 沉积单元 112 搬运晶片 W, 因此其间能够冷却晶片 W, 虽然需要晶片搬运的时间, 但能够减少条件改变等的待机时间。

[0121] < 实施例 >

[0122] 这里,实际上使用第3实施方式的方法,作为成膜原料使用 Cu(hfac)TMVS,进行 350℃的预加热后,进行初期核生成,之后在 150℃进行 Cu 沉积,形成厚度 30nm 的 Cu 膜。由此,比现在的在 150℃进行初期核生成和 Cu 沉积而形成 Cu 膜缩短 5 分钟以上。这是由于孵育时间的缩短造成的影响大。另外,图 13A、图 13B 的扫描型显微镜 (SEM) 照片表示初期核生成后和 Cu 沉积后的状态。由此可知,可以确认得到了高密度的初期核,膜的平滑性高。

[0123] < 本发明的其它应用 >

[0124] 此外,本发明不限于上述实施方式,能够有各种变形。例如,在上述实施方式中,示例了作为 Cu 配位化合物使用了 Cu(hfac)TMVS 的情况,但并不局限于此。

[0125] 另外,在上述实施方式中,对液体状的 Cu 配位化合物加压而向气化器供给,在气化器使其气化,但并不局限于此,例如也可以用通过鼓泡等使其气化而供给等其它方法使其气化。

[0126] 另外,对成膜装置也不限于上述实施方式,例如能够使用设置有用于促进成膜原料气体的分解的形成等离子体的单元的装置等的各种装置。

[0127] 另外,虽然说明了作为被处理基板使用半导体晶片的情况,但并不局限于此,也可以使用平板显示器 (FPD) 基板等的其它基板。

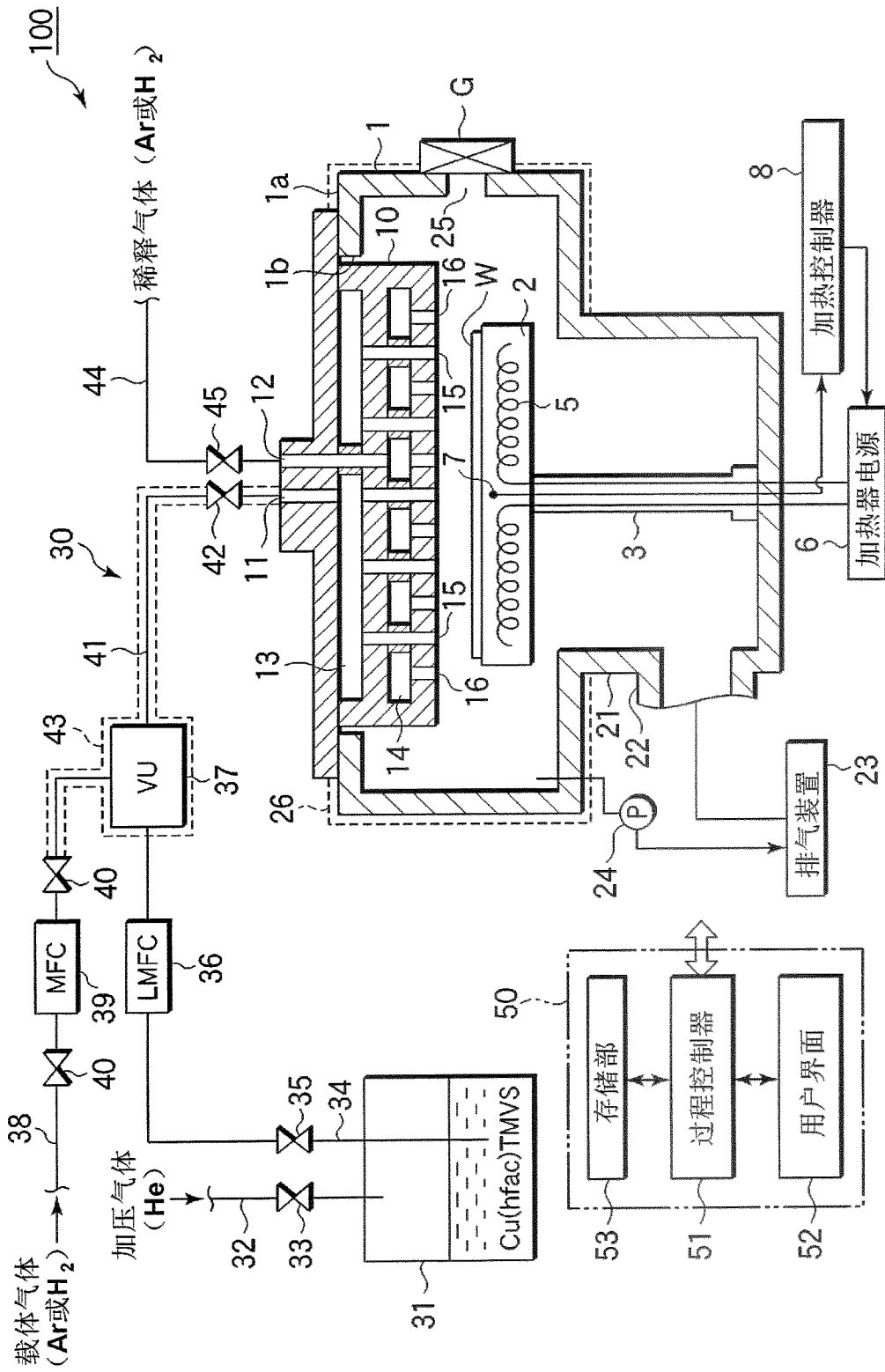


图 1

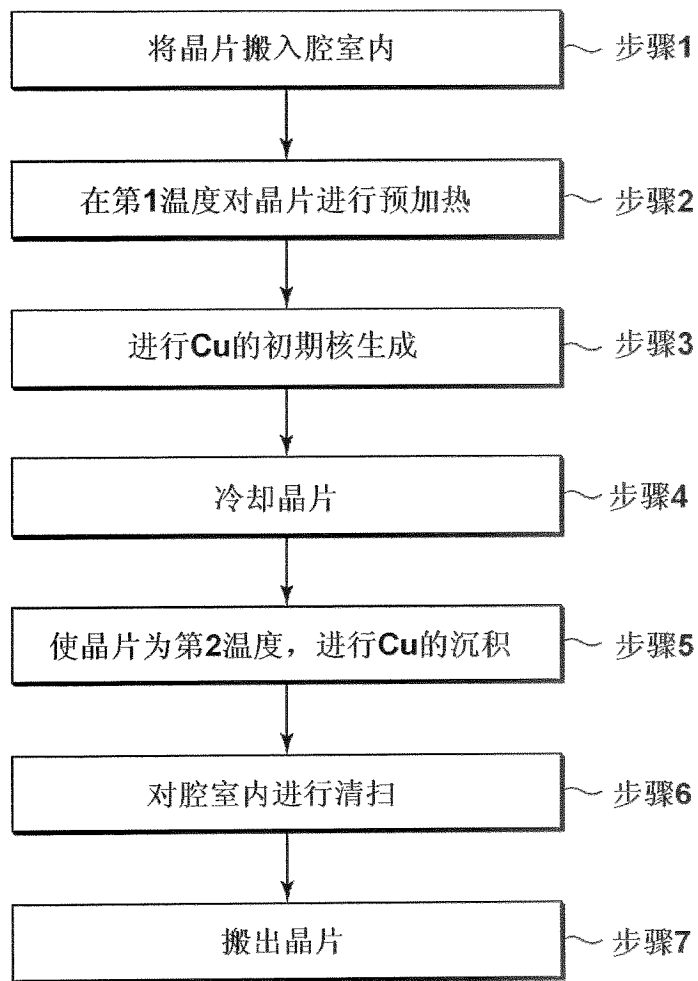


图 2

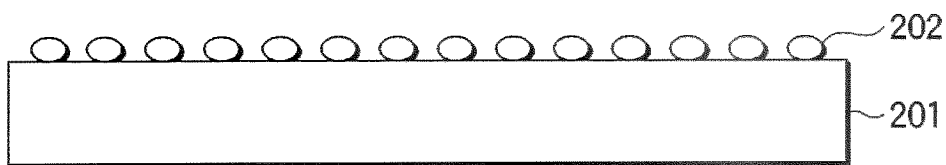


图 3

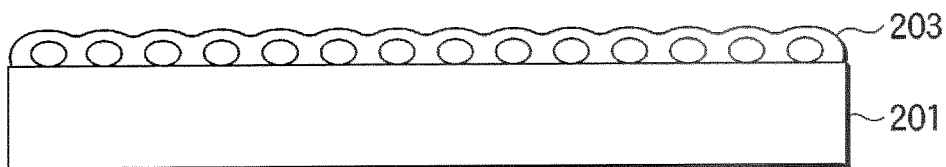


图 4

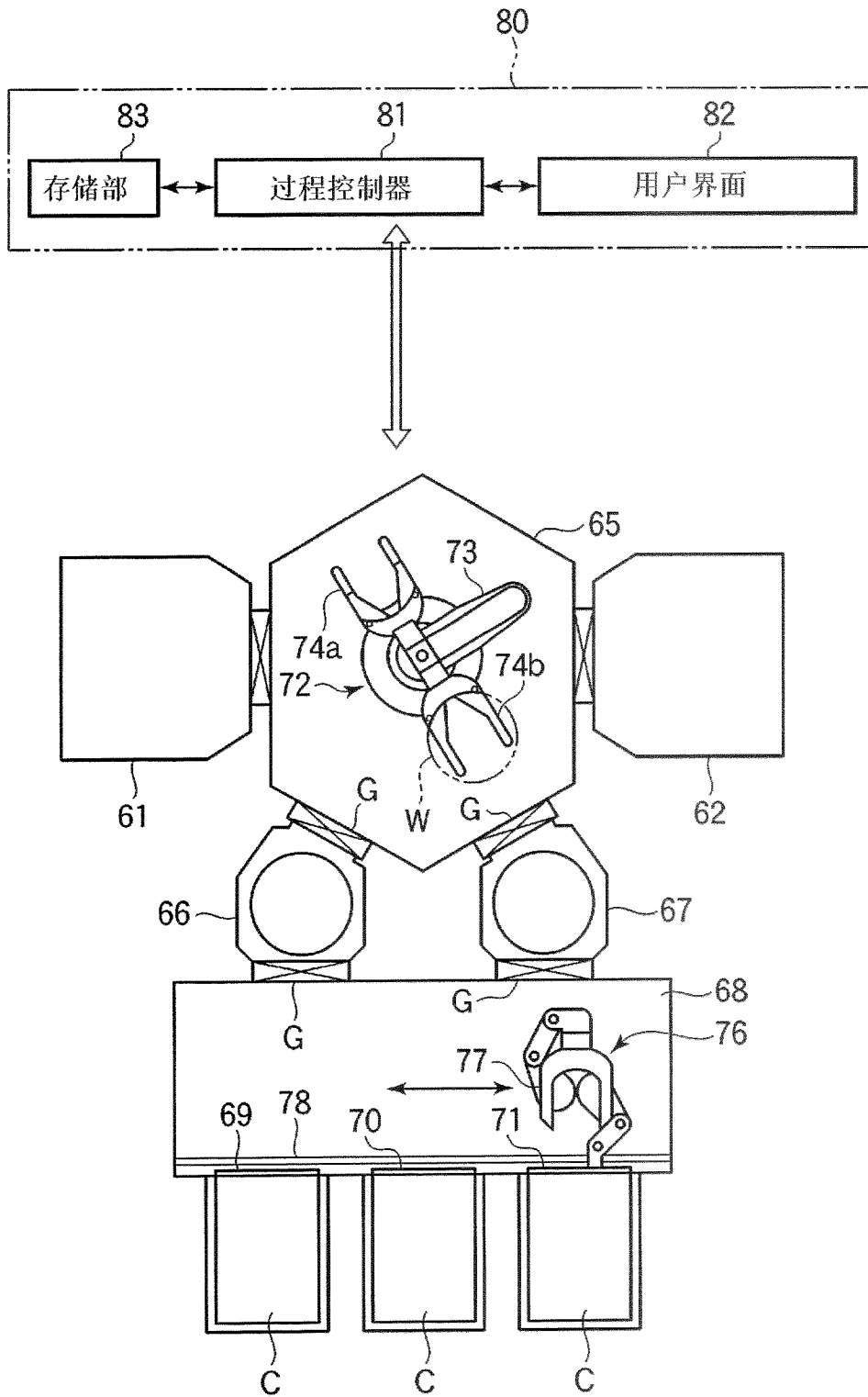


图 5

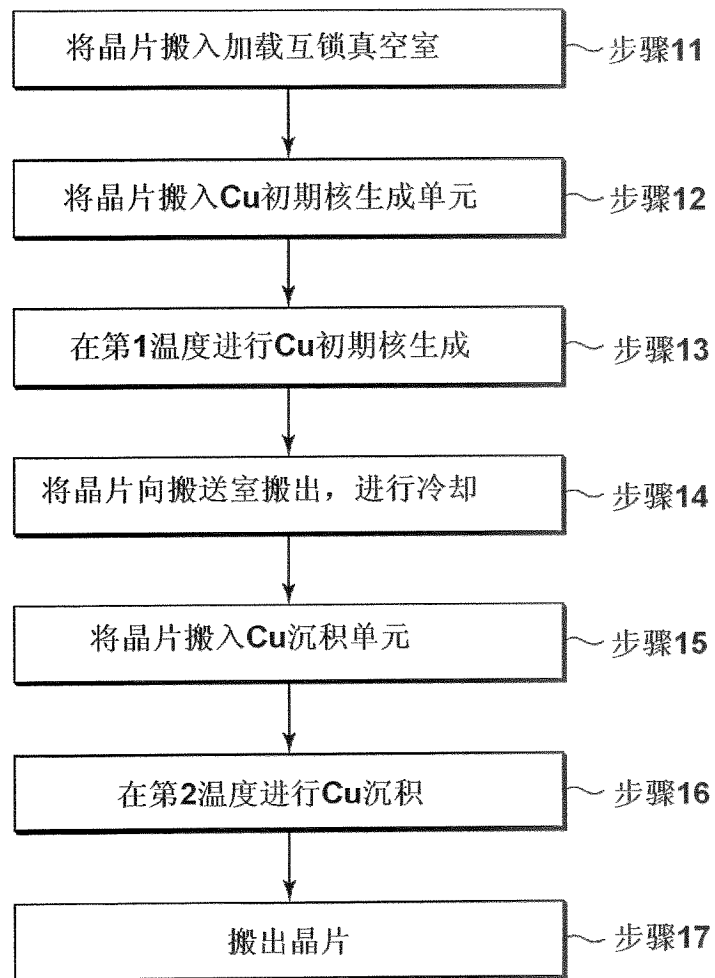


图 6

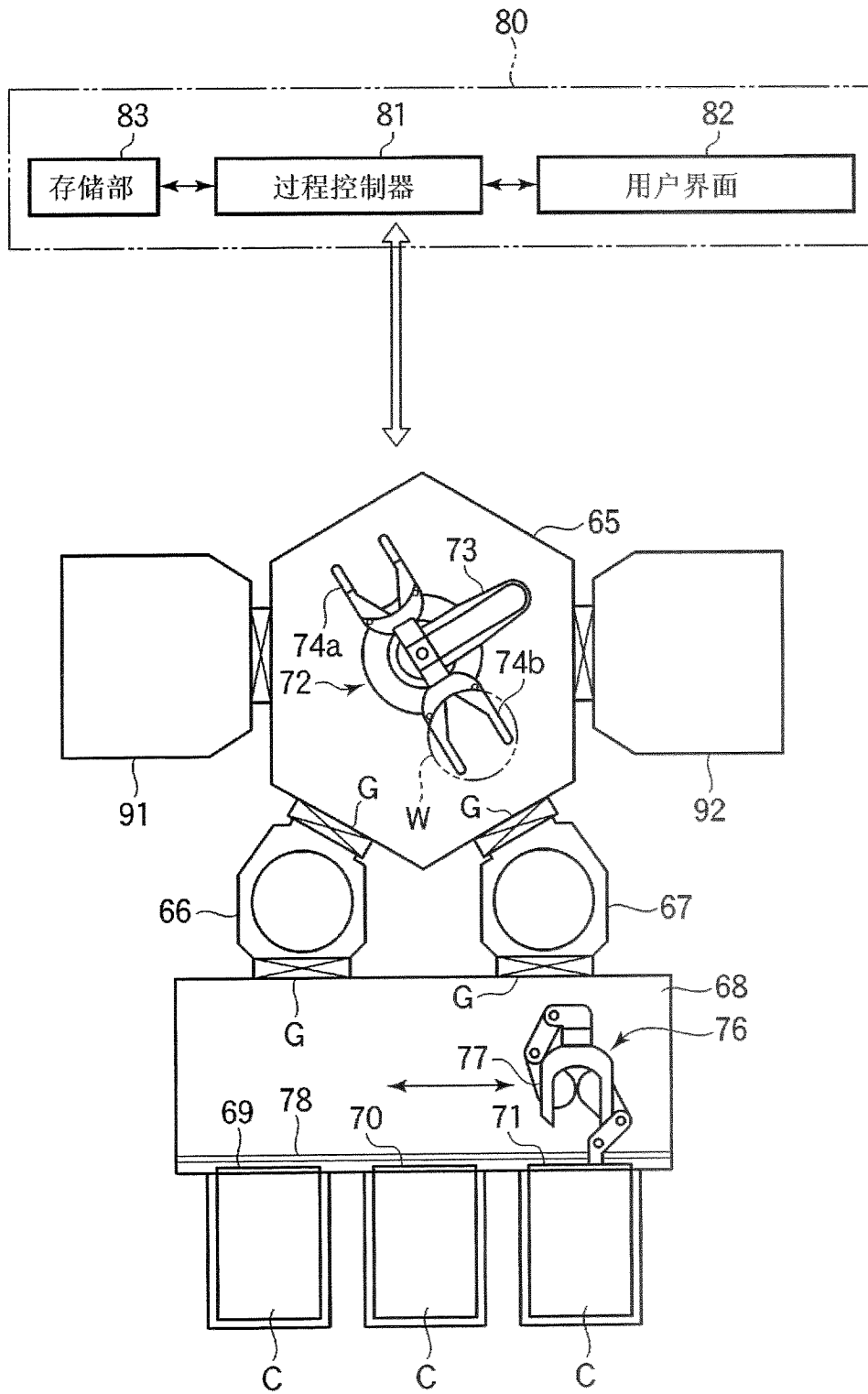


图 7

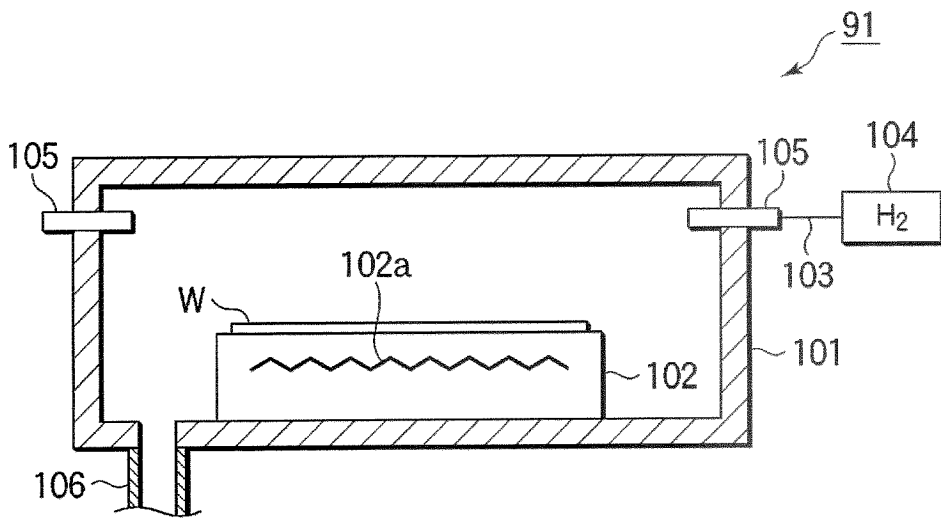


图 8

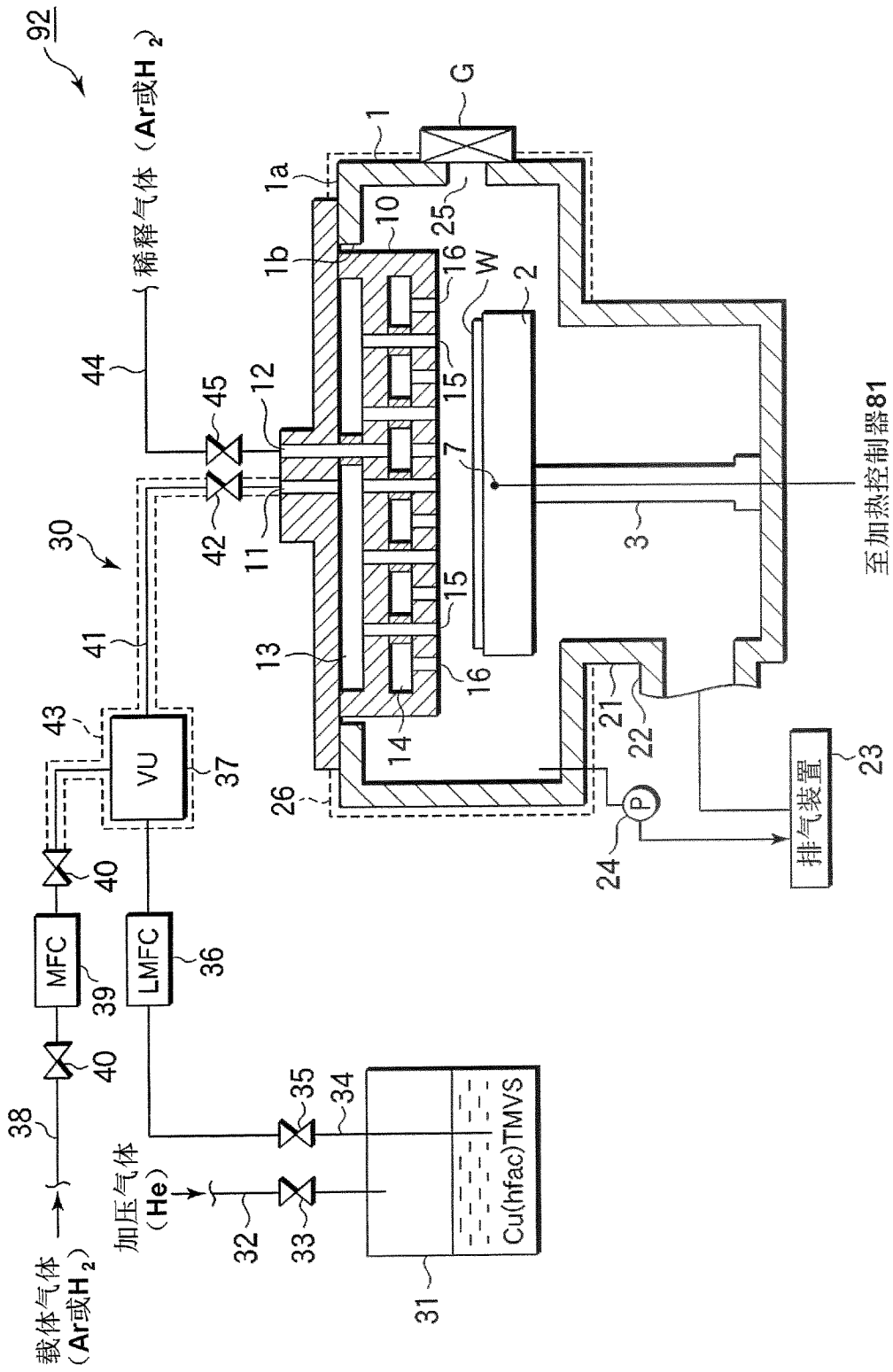


图 9

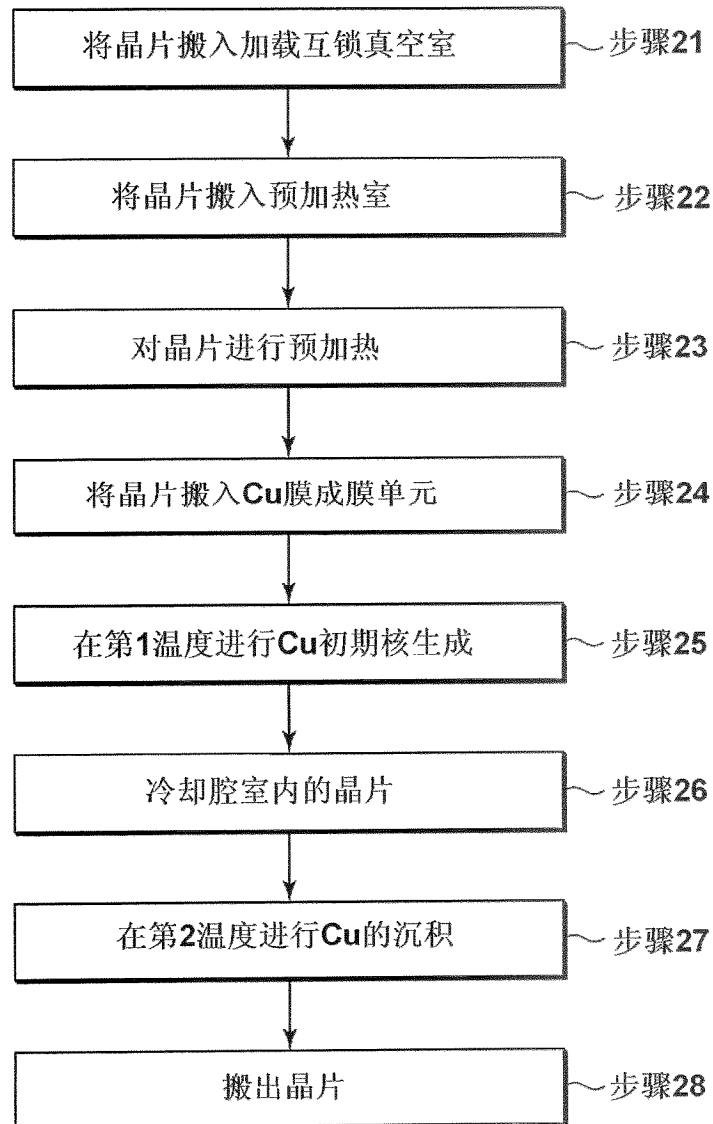


图 10

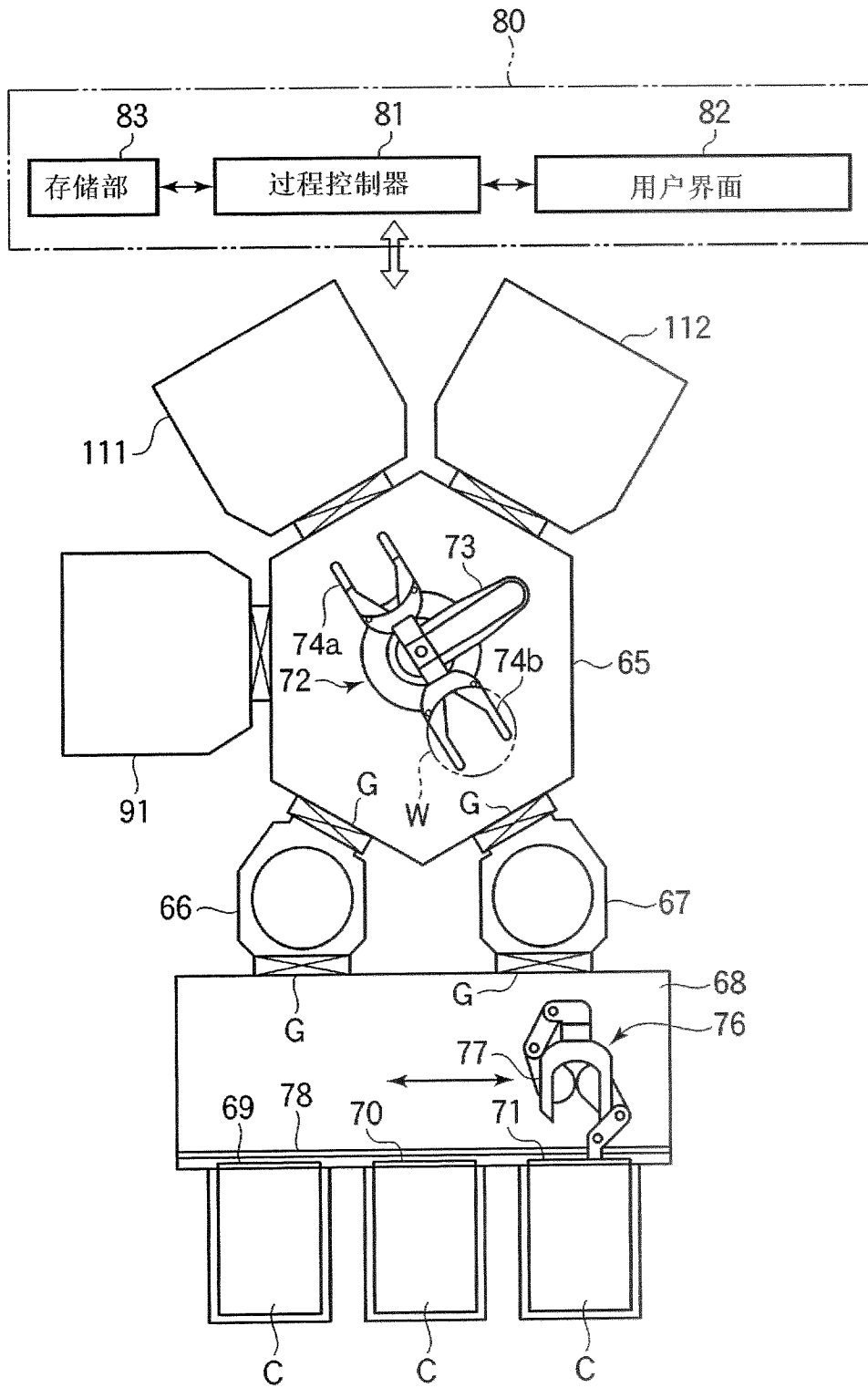


图 11

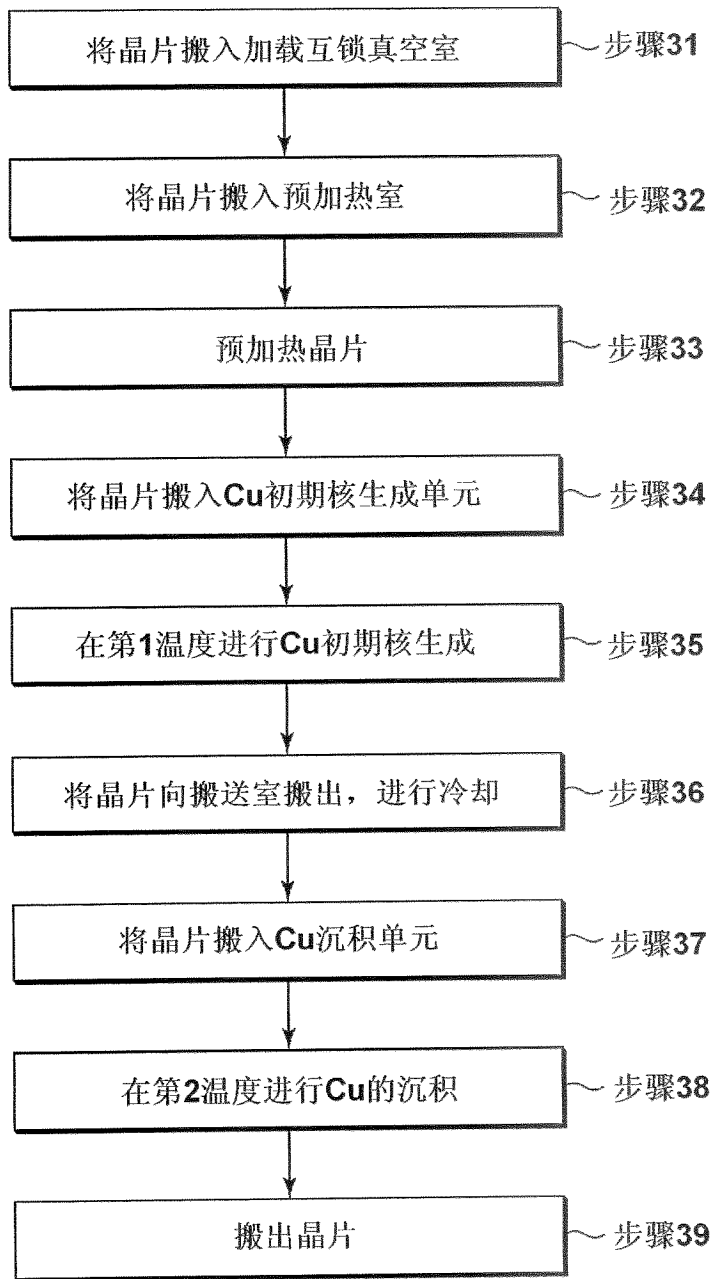


图 12

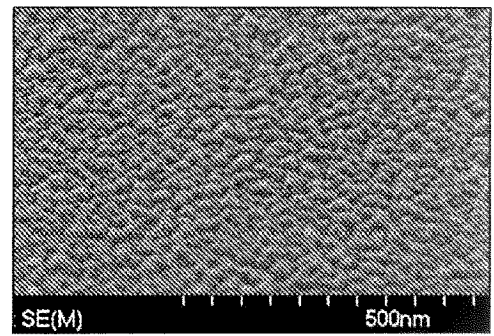


图 13A

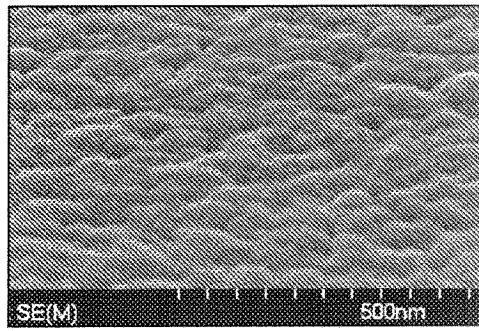


图 13B