



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101965635 B

(45) 授权公告日 2014. 02. 12

(21) 申请号 200880106629. 7

(22) 申请日 2008. 09. 09

(30) 优先权数据

11/853, 393 2007. 09. 11 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 03. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2008/003805 2008. 09. 09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/060320 EN 2009. 05. 14

(73) 专利权人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 铃木健二

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 顾晋伟 全万志

(51) Int. Cl.

H01L 21/768 (2006. 01)

H01L 21/285 (2006. 01)

H01L 23/532 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006/0121733 A1, 2006. 06. 08,

JP 2004-146516 A, 2004. 05. 20,

US 2006/0220248 A1, 2006. 10. 05,

Q. Wang, J. G. Ekerdt, D. Gay, Y. -M. Sun, J. M. White. Low-temperature chemical vapor deposition and scaling limit of ultrathin Ru film. 《App. Phys. Lett. 》. 2004,

审查员 张云

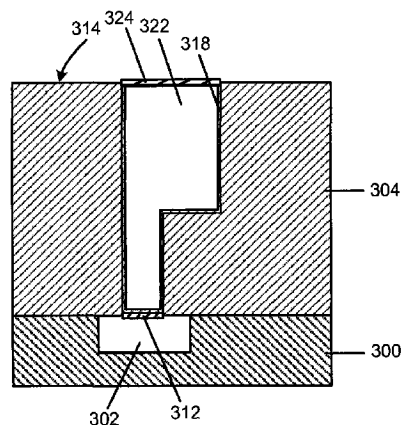
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

将选择性钌沉积集成到半导体器件的制造中的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于将 Ru 金属的选择性沉积集成到半导体器件的制造中以改善块 Cu 中的电迁移和应力迁移的方法。该方法包括利用包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽和 CO 气体的处理气体通过热化学气相沉积工艺在金属化层 (302) 或块 Cu (322) 上选择性沉积 Ru 金属膜 (312, 324)。并且, 本发明描述了包含一个或多个选择性沉积的 Ru 金属膜的半导体器件。



1. 一种形成半导体器件的方法,包括:

在沉积系统的处理室中提供图案化衬底,所述图案化衬底包含处于电介质层中的凹入特征和处于所述凹入特征的底面的金属化层;

形成包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽和 CO 气体的处理气体;

将所述图案化衬底暴露于所述处理气体,以通过热化学气相沉积工艺在所述金属化层上选择性沉积第一 Ru 金属膜,其中在选择性沉积所述第一 Ru 金属膜之前,用包含 CO 气体的预处理气体对所述图案化衬底进行预处理;

在所述凹入特征中,包括在所述第一 Ru 金属膜上,沉积阻挡层;并且

用块 Cu 填充所述凹入特征。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,形成所述处理气体包括:

在前躯体蒸发系统中将固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体加热至约 40°C 到约 150°C 之间的温度,并且将所述固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体保持在该温度下,以形成所述 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽,并且

在所述加热期间,使所述 CO 气体流动接触所述前躯体蒸发系统中的所述固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体,以在所述 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽被形成时将所述 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽夹带在所述 CO 气体中;并且

将所述处理气体从所述前躯体蒸发系统运输到所述处理室。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其中,所述阻挡层包含 Ta、TaN、TaC、TaCN、Ti、TiN、W、WN 或其组合。

4. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:

在沉积所述阻挡层之后,将所述图案化衬底暴露于所述处理气体,以在所述阻挡层和所述第一 Ru 金属膜上沉积第二 Ru 金属膜。

5. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:

平坦化所述块 Cu,其中,所述平坦化还包括将所述阻挡层从所述电介质层的场地表面去除;并且

将所述图案化衬底暴露于所述处理气体,以在所述经平坦化的块 Cu 上选择性沉积第三 Ru 金属膜。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其中,所述凹入特征包括一个或多个沟槽和一个或多个过孔。

7. 一种用于形成半导体器件的方法,包括:

在沉积系统的处理室中提供图案化衬底,所述图案化衬底包含处于电介质层中的凹入特征和处于所述凹入特征的底面的金属化层;

在所述凹入特征中,包括在所述金属化层上,沉积阻挡层;

用块 Cu 填充所述凹入特征;

平坦化所述块 Cu,其中,所述平坦化还包括将所述阻挡层从所述电介质层的场地表面去除;

形成包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽和 CO 气体的处理气体;并且

将所述图案化衬底暴露于所述处理气体,以通过热化学气相沉积工艺在所述经平坦化的块 Cu 上选择性沉积第一 Ru 金属膜,其中在选择性沉积所述第一 Ru 金属膜之前,用包含 CO 气体的预处理气体对所述图案化衬底进行预处理。

8. 如权利要求 7 所述的方法, 其中, 形成所述处理气体包括:

在前躯体蒸发系统中将固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体加热至约 40°C 到约 150°C 之间的温度, 并且将所述固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体保持在该温度下, 以形成所述 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽, 并且

在所述加热期间, 使所述 CO 气体流动接触所述前躯体蒸发系统中的所述固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体, 以在所述 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽被形成时将所述 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽夹带在所述 CO 气体中; 并且

将所述处理气体从所述前躯体蒸发系统运输到所述处理室。

9. 如权利要求 7 所述的方法, 其中, 所述阻挡层包含 Ta、TaN、TaC、TaCN、Ti、TiN、W 或 WN。

10. 如权利要求 7 所述的方法, 还包括:

在沉积所述阻挡层之后, 将所述图案化衬底暴露于所述处理气体, 以在所述阻挡层上沉积第二 Ru 金属膜。

11. 如权利要求 7 所述的方法, 其中, 所述凹入特征包括一个或多个沟槽和一个或多个过孔。

将选择性钎沉积集成到半导体器件的制造中的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本发明涉及题为“METHOD FOR INCREASING DEPOSITION RATES OF METAL LAYERS FROM METAL-CARBONYL PRECURSORS”的美国专利申请 No. 10/996, 145, 该申请的全部内容通过引用结合于此。相关的申请与本申请并不是共有的。

技术领域

[0003] 本发明涉及半导体处理和半导体器件,更具体而言,涉及用于制造半导体器件的钎金属膜的选择性沉积方法。

背景技术

[0004] 集成电路包含各种半导体器件以及多条传导金属路径,所述多条传导金属路径将电力供应到半导体器件,并允许这些半导体器件共享和交换信息。在集成电路中,多层金属层被彼此层叠,利用金属间电介质层或层间电介质层来将金属层彼此绝缘。通常,每一个金属层必需形成与至少一个另外的金属层的电接触。这样的电接触通过如下来实现:在分隔金属层的层间电介质层中刻蚀孔(即,过孔);并且用金属填充所得的过孔,以创建互连。“过孔”通常是指任何形成在电介质层中的凹入特征,诸如孔、线或其它类似特征,当填充金属时,其提供穿过电介质层、与该电介质层下方的导电层的电连接。类似地,连接两个或更多个过孔的凹入特征通常被称为沟槽。

[0005] 在用于制造集成电路的多层金属化方案中使用铜(Cu)已经造成了若干急需解决的问题。例如,Cu原子在电介质材料和Si中的高迁移率可能导致Cu原子迁移到这些材料中,从而形成可能破坏集成电路的电缺陷。因此,Cu金属层、Cu填充的沟槽和Cu填充的过孔通常用阻挡层包覆,以防止Cu原子扩散到电介质材料中。阻挡层通常在Cu沉积之前被沉积在沟槽和过孔的侧壁和底面上,并且可以包括如下材料:其优选是非反应性的并不可混溶 in Cu 中的材料,提供与电介质材料的良好粘附性,并能够提供低的电阻率。

[0006] 对于各个相继的技术节点,集成电路互连中的电流密度显著增大。因为电迁移(EM)和应力迁移(SM)寿命反比于电流密度,所以EM和SM已经迅速成为关键性挑战。Cu双镶嵌互连结构中的EM寿命严重依赖于在块Cu和周围材料(例如,Cu盖封层)的界面处原子Cu的输运,这样的原子Cu的输运与这些界面处的粘附状况直接相关。提供更好的粘附性和更好的EM寿命的新盖封材料已经被广泛研究。例如,电介质盖封层(例如SiN)可以由利用无电镀技术选择性沉积在块Cu上的含金属盖封层(例如,CoWP)来代替。CoWP和块Cu的界面具有优异的粘附强度,这产生更长的EM寿命。但是,该复杂工艺的认同性已经受到如下因素的影响:保持在块Cu(尤其是对于紧密间隔的Cu布线)上的可接受的沉积选择性并保持良好的膜均一性。

[0007] 因此,需要新的沉积金属层的方法,其提供与Cu的良好粘附性和改善的块铜的EM和SM性质。具体地,这些方法应当相对于电介质表面提供在金属表面上的金属沉积的良好选择性。

发明内容

[0008] 本发明的实施例提供一种用于将 Ru 金属的选择性沉积集成到半导体器件的制造中以改善块 Cu 中的电迁移和应力迁移的方法。根据本发明的一个实施例,图案化衬底包含一个或多个含有一个或多个沟槽和一个或多个过孔的双镶嵌互连结构。

[0009] 根据本发明的一个实施例,该方法包括:在沉积系统的处理室中提供图案化衬底,所述图案化衬底包含处于电介质层中的凹入特征和处于所述凹入特征的底面的金属化层;形成包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽 (precursor vapor) 和 CO 气体的处理气体;将所述图案化衬底暴露于所述处理气体,以通过热化学气相沉积工艺在所述金属化层上选择性沉积第一 Ru 金属膜。所述方法还包括在所述凹入特征中,包括在所述第一 Ru 金属膜上,沉积阻挡层,以及用块 Cu 填充所述凹入特征。另一个实施例还包括在选择性沉积所述第一 Ru 金属膜之前,用包含 CO 气体的预处理气体对所述图案化衬底进行预处理。还有一个实施例包括在沉积所述阻挡层之后,将所述图案化衬底暴露于所述处理气体,以在所述阻挡层和所述第一 Ru 金属膜上沉积第二 Ru 金属膜。还有另一个实施例包括平坦化所述块 Cu,其中,所述平坦化还包括将所述阻挡层从所述电介质层的场地表面去除;以及将所述图案化衬底暴露于所述处理气体,以在所述经平坦化的块 Cu 上选择性沉积第三 Ru 金属膜。

[0010] 根据本发明的一个实施例,所述方法包括:在所述凹入特征中,包括在所述金属化层上,沉积阻挡层;用块 Cu 填充所述凹入特征;平坦化所述块 Cu,其中,所述平坦化还包括将所述阻挡层从所述电介质层的场地表面去除;形成包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽和 CO 气体的处理气体;以及将所述图案化衬底暴露于所述处理气体,以通过热化学气相沉积工艺在所述经平坦化的块 Cu 上选择性沉积第一 Ru 金属膜。另一个实施例还包括在选择性沉积所述第一 Ru 金属膜之前,用包含 CO 气体的预处理气体对所述图案化衬底进行预处理。还有一个实施例还包括在沉积所述阻挡层之后,将所述图案化衬底暴露于所述处理气体,以在所述阻挡层沉积第二 Ru 金属膜。

[0011] 根据本发明的其它实施例,描述了包含一个或多个选择性沉积的 Ru 金属膜的半导体器件。根据本发明的一个实施例,半导体器件包括:图案化衬底,所述图案化衬底包含处于电介质层中的凹入特征和处于所述凹入特征的底面的金属化层;第一 Ru 金属膜,其利用包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽和 CO 气体的处理气体通过热化学气相沉积工艺选择性沉积在所述金属化层上;阻挡层,其处于所述凹入特征中,包括处于所述第一 Ru 金属膜和所述电介质层上,以及填充所述凹入特征的经平坦化的块 Cu。另一个实施例还包括:第二 Ru 金属膜,其处于所述凹入特征中的所述阻挡层和所述第一 Ru 金属膜上。还有一个实施例还包括第三 Ru 金属膜,其通过暴露于所述处理气体而选择性地沉积在所述经平坦化的块 Cu 上。

[0012] 根据本发明的一个实施例,半导体器件包括:阻挡层,其处于所述凹入特征中,包括处于所述金属化层上;填充所述凹入特征的经平坦化的块 Cu;以及第一 Ru 金属膜,其利用包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽和 CO 气体的处理气体通过热化学气相沉积工艺选择性沉积在所述经平坦化的块 Cu 上。另一个实施例还包括第二 Ru 金属膜,其处于所述凹入特征中的所述阻挡层上。

附图说明

[0013] 参考下面的详细描述,特别是当与附图相结合进行考虑时,对于本发明的更完整的理解和本发明的许多优点将变得清楚,在附图中:

[0014] 图 1A-1B 示出了根据本发明的实施例,沉积在 Cu 和电介质材料上的 Ru 金属膜的厚度随沉积时间的变化;

[0015] 图 2A-2F 示出了根据本发明的实施例,选择性沉积的 Ru 金属膜在双镶嵌互连结构中的集成的示意性剖视图;

[0016] 图 3 描绘了根据本发明的实施例用于沉积 Ru 金属膜的热化学气相沉积 (TCVD) 系统的示意图;以及

[0017] 图 4 描绘了根据本发明的另一实施例用于沉积 Ru 金属膜的另一 TCVD 系统的示意图。

具体实施例

[0018] 在多个实施例中公开了在热化学气相沉积工艺中利用包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽和 CO 气体的处理气体选择性沉积 Ru 金属膜的方法,其中,所述方法相对于电介质表面为在金属表面上的 Ru 金属膜层沉积提供了高的选择性。Ru 金属膜可以用作互连结构中金属化层和块 Cu 接触的粘附层,以提高 Cu 金属化的 EM 和 SM 性质。相关领域技术人员将理解,在没有这些具体细节中的一个或多个的情况下,或者通过其它的替换和/或附加的方法、材料或部件,可以实现上述多个实施例。在其它实例中,公知的结构、材料或操作没有被示出或详细描述,以免模糊本发明的多个实施例的一些方面。类似地,为了说明的目的,详细描述了具体的数字、材料和构造,以便提供对本发明的充分理解。而且,应该理解,附图所示的多个实施例是示例性表示,不必按比例绘制。

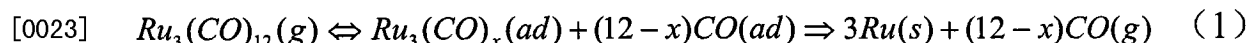
[0019] 在本说明书全文中,“一个实施例”或“实施例”是指结合该实施例描述的具体特征、结构、材料或特点被包括在本发明的至少一个实施例中,而不是表示其存在于每一个实施例中。因此,在本说明书全文中的不同地方出现的短语“在一个实施例中”或“在实施例中”不一定是指本发明的同一实施例。

[0020] 图 1A-1B 示出了根据本发明的实施例,沉积在 Cu 和电介质材料上的 Ru 金属膜的厚度随沉积时间的变化。在图 1A 中,包含 Cu 和第一电介质材料(第一层间电解质 ILD 1)的不同衬底在 205°C 和 225°C 的衬底温度下被暴露于包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽和 CO 气体的处理气体。图 1A 示出了在 205°C 和 225°C 两个温度下相对于在 ILD 1 上 Ru 金属在 Cu 上的高选择性初始沉积。例如,15 秒的沉淀(暴露)时间在 205°C 下在 Cu 上形成了 6.3 埃厚的 Ru 金属膜,在 225°C 下在 Cu 上形成了 9.3 埃厚的 Ru 金属膜。作为比较,相同的暴露时间在 ILD 1 上形成了小于约 1 埃厚的 Ru。Ru 的小于约 1 埃的测量厚度被认为对应于所吸附的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体的单层或更少。处理条件包括 100mTorr 的处理室压强,100sccm 的 CO 气体流率,100sccm 的 Ar 气体流率,以及 170-190°C 的衬底温度。

[0021] 图 1B 示出了在 Cu 和第二电介质材料(第二层间电介质,ILD 2)上的选择性 Ru 金属沉积。图 1A 和 1B 的比较表明,在 ILD 2 上初始的 Ru 沉积甚至慢于 ILD 1 上,因为 15 秒的沉积时间在 ILD 2 上形成了小于约 0.5 埃厚度的 Ru。

[0022] $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽在表面上的吸附被认为导致在表面上 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体部分分解成吸附的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_x$ 和 CO 物质,然后吸附的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_x$ 进一步分解成 Ru 金属和从衬底解

吸附的 CO。



[0024] 虽然不希望受任何理论约束,但是本发明人认为,在金属表面(诸如 Cu 或钨(W))上观察到的 Ru 金属的选择性沉积至少是部分因为在电介质表面上较之在金属表面上更高的被吸附 CO 的浓度,从而在电介质表面上有利于被吸附的 CO 与 $Ru_3(CO)_x$ 按方程式(1)重新结合而重新形成 $Ru_3(CO)_{12}$ 。在金属表面上的较低的被吸附 CO 的浓度导致较之在电介质表面上更高的被吸附 $Ru_3(CO)_x$ 分解成 Ru 金属和 CO 的速率。

[0025] 本发明的实施例提供了用于在图案化的衬底中的金属表面上选择性沉积 Ru 金属的系统和方法,并提供包含这样的 Ru 金属膜的半导体器件。图案化的衬底可以包含大高宽比的凹入特征。根据本发明的一个实施例,双镶嵌互连结构包含形成在图案化的衬底中的沟槽和过孔,其中,所述沟槽和过孔包含侧壁和底面。过孔可以具有大于或等于约 2 : 1,例如 3 : 1, 4 : 1, 5 : 1, 6 : 1, 12 : 1, 15 : 1 或更大的高宽比(深度/宽度)。过孔可以具有约 200nm 或更小,例如 150nm, 100nm, 65nm, 45nm, 32nm, 20nm 或更小的宽度。但是,本发明的实施例不限于这样的高宽比或过孔宽度,因为也可以使用其它的高宽比或过孔宽度。

[0026] 图 2A 示出了根据本发明的实施例的双镶嵌互连结构的示意性剖视图。双镶嵌互连结构 306 包含处于电介质 300 中第一金属化层 302(例如 Cu 或 W)。例如,电介质 300 可以包含 SiO_2 、低 k 电介质材料(诸如氟化硅玻璃(FSG)、掺碳氧化物、聚合物)或任何其它合适的电介质材料。双镶嵌互连结构 306 包含刻蚀在电介质 304 中的沟槽 308 和过孔 310。电介质 304 包含“场地”表面 314(围绕双镶嵌互连结构 306 的区域)和双镶嵌互连结构 306 内部的表面 316。虽然没有示出,但是该互连结构可以包含其它的层,例如电介质 300 和电介质 304 之间的过孔刻蚀停止层、沟槽刻蚀停止层、将第一金属化层 302 与电介质 300 隔离的阻挡层。双镶嵌互连结构 306 可以利用本领域技术人员已知的标准光刻方法来形成。应该理解,本发明的实施例也可以应用于更简单的或更复杂的双镶嵌互连结构以及其它类型的包含金属化层的凹入特征。

[0027] 根据本发明的实施例,在形成图 2A 中的双镶嵌互连结构之后,以利用包含 $Ru_3(CO)_{12}$ 前躯体蒸汽和 CO 气体的处理气体的 TCVD 工艺,将第一 Ru 金属膜 312 选择性沉积在过孔 310 的底面处的第一金属化层 302 上。所得的结构被示意性地示于图 2B。在一个实施例中,第一 Ru 金属膜 312 的厚度可以在 2 埃到 20 埃之间,或者在 5 埃到 15 埃之间,例如约 10 埃。根据本发明的一个实施例,在暴露于 $Ru_3(CO)_{12}$ 前躯体蒸汽和 CO 气体之前,图 2A 中的双镶嵌互连结构可以用含 CO 气体的预处理气体进行预处理,以使得暴露表面 314 和 316 具有饱和的吸附 CO。预处理气体包含 CO 气体和可选的惰性气体,诸如 Ar。在一个实例中,预处理气体由纯 CO 组成。在另一个实例中,预处理气体包含 10 : 1 的 CO/Ar 混合物。

[0028] 图 2C 示意性地示出了阻挡层 318 在图案化衬底上,包括在双镶嵌互连结构 306 中的沉积。例如,阻挡层 318 可以包含含 Ta 层(例如 Ta, TaC, TaN, TaCN, 或其组合)、含 Ti 层(例如 Ti, TiN, 或其组合)或含 W 层(例如 W, WN, 或其组合)。在一个实例中,阻挡层 318 可以包含 TaCN,所述 TaCN 以利用交替暴露叔戊基亚胺-三(二甲基氨基)钽($Ta(NC(CH_3)_2C_2H_5)(N(CH_3)_2)_3$)和 H_2 的等离子体增强原子层沉积(PEALD)来沉积。根据本发明的一个实施例,可以通过将图案化衬底暴露于包含 $Ru_3(CO)_{12}$ 前躯体蒸汽和 CO 气体的处理气体,在块铜填充之前,将第二 Ru 金属膜 312 沉积在阻挡层 318 上。在一个实施例中,第二 Ru 金属膜的厚

度可以在 10 埃到 30 埃之间,或者在 15 埃到 25 埃之间,例如约 20 埃。

[0029] 图 2D 示意性地示出了填充双镶嵌互连结构的块 Cu 320。块 Cu 沉积工艺对于电路制造领域的技术人员来说是已知的,并且例如包括电化学镀工艺或无电镀工艺。在用块 Cu 填充双镶嵌互连结构之后,可以采用化学机械抛光 (CMP) 工艺,通过从块 Cu 填充物 320 去除多余的 Cu,形成平坦化的块 Cu 322。此外,在平坦化工艺中,阻挡层 318 被从场地表面 314 去除,如图 2E 示意性地示出的。

[0030] 根据本发明的实施例,在形成图 2E 中的双镶嵌互连结构之后,通过将图案化衬底暴露于包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽和 CO 气体的处理气体,将第三 Ru 金属膜 324 被选择性地沉积在平坦化的块 Cu 322 上。这被示意性地示于图 2F 中。在一个实施例中,第三 Ru 金属膜 324 的厚度可以在 2 埃到 20 埃之间,或者在 5 埃到 15 埃之间,例如约 10 埃。根据本发明的一个实施例,在暴露于 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽之前,可以用含 CO 气体的预处理气体预处理图 2E 中的 Cu 填充的双镶嵌互连结构,以使得平坦化的 Cu 填充物 322 和场地表面 314 具有饱和的吸附 CO。在平坦化的 Cu 填充物 322 上选择性沉积第三 Ru 金属膜 324 之后,图 2F 所示的部分制成的半导体器件被进一步处理。

[0031] 根据本发明的其它实施例,在图 2A-2F 中所描述的集成工艺中,可以省略第一金属化层 302 上的第一 Ru 金属膜 312 的选择性沉积或平坦化的块 Cu 322 上的第三 Ru 金属膜 324 的沉积。

[0032] 图 3 描绘了根据本发明的实施例用于由 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽和 CO 气体沉积 Ru 金属膜的热化学气相沉积 (TCVD) 系统的示意图。沉积系统 1 包括具有衬底夹持器 20 的处理室 10,衬底夹持器 20 被配置为支撑在其上形成 Ru 金属层的图案化衬底 25。处理室 10 经由蒸汽前驱体传输系统 40 耦合到金属前驱体蒸发系统 50。

[0033] 处理室 10 还通过导管 36 耦合到真空泵系统 38,其中真空泵系统 38 被配置为将处理室 10、蒸汽前驱体传输系统 40 和金属前驱体蒸发系统 50 抽空到适于在衬底 25 上形成 Ru 金属层并且适于金属前驱体蒸发系统 50 中 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52 的蒸发的压强。

[0034] 仍然参考图 3,金属前驱体蒸发系统 50 被配置为存储 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52,并且将 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52 加热到足以使 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52 蒸发的温度,以将 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽引入到蒸汽前驱体传输系统 40。 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52 在金属前驱体蒸发系统 50 中在选定的加热条件下可以是固体。为了获得用于使固态 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52 升华的期望温度,金属前驱体蒸发系统 50 耦合到被配置为控制蒸发温度的蒸发温度控制系统 54。

[0035] 例如, $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52 的温度可以被升高到约 40°C 到约 150°C。或者,蒸发温度可以被保持在约 60°C 到约 90°C。随着 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52 被加热到引起升华,含 CO 气体可以被传送经过 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52 上方,或者穿过 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52,以在 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽被形成的同时而夹带该 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽。含 CO 气体可以包含 CO 和可选的诸如 N_2 或稀有气体 (即, He、Ne、Ar、Kr 或 Xe) 之类的惰性载气或其组合。在 CO 气体的存在下蒸发 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体可以减少限制 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽到图案化衬底的传输的多种问题。已经表明,在 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽被形成时将 CO 气体添加到该 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽允许提高蒸发温度。提高的温度增大了 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体的蒸汽压,导致 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体到处理室的输运增强,因而增大了图案化衬底 25 上的 Ru 金属膜的沉积速率。在 2004 年 11 月 23 日递交的题为 "Method for Increasing Deposition Rates of Metal Layers

from Metal-carbonyl Precursors” 的美国专利申请 No. 10/996, 145 已经描述了, 业已表明, 使用 CO 气体以减少在将 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体传输到处理室 10 之前 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体在蒸汽前驱体传输系统 40 中的过早分解有利于 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽到处理室的高效输运, 从而沉积 Ru 金属膜, 该美国专利申请的全部内容通过引用被包含于此。

[0036] 在一个实例中, 金属前驱体蒸发系统 50 可以是配置用于高效蒸发和运输 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 蒸汽的多盘蒸发系统。示例性多盘蒸发系统在 2004 年 11 月 29 日递交的题为 “Multi-Tray Film Precursor Evaporation System and ThinFilm Deposition System Incorporating Same” 的美国专利申请 No. 10/998, 420 中有描述。

[0037] 例如, 气体供应系统 60 耦合到金属前驱体蒸发系统 50, 并且其例如被配置为经由馈送管线 61 在 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52 下方提供 CO、载气或其混合物, 或经由馈送管线 62 在 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52 上方提供 CO、载气或其混合物。另外, 气体供应系统 60 耦合到金属前驱体蒸发系统 50 下游的蒸汽前驱体传输系统 40, 以在 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52 的蒸汽进入蒸汽前驱体传输系统 40 时或进入之后经由馈送管线 63 向 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 52 的蒸汽提供气体。此外, 馈送管线 63 可以用于在将图案化衬底 25 暴露于 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽和 CO 气体之前用含 CO 气体的预处理气体对图案化衬底 25 进行预处理, 以使得图案化衬底 25 的暴露表面具有饱和的吸附 CO。

[0038] 虽然未示出, 但是气体供应系统 60 可包括载气源、CO 气体源、一个或多个控制阀、一个或多个过滤器以及质量流量控制器。例如, 含 CO 气体的流率可以在约 0.1 每分钟标准立方厘米 (sccm) 和约 1000sccm 之间。或者, 含 CO 气体的流率可以在约 10sccm 和约 500sccm 之间。又或者, 含 CO 气体的流率可以在约 50sccm 和约 200sccm 之间。根据本发明的实施例, CO 气体的流率范围可以从约 0.1sccm 到约 1000sccm。或者, CO 气体的流率可以在约 1sccm 和约 500sccm 之间。

[0039] 在金属前驱体蒸发系统 50 下游, 包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽和 CO 气体的处理气体流经蒸汽前驱体传输系统 40, 直到其经由耦合到处理室 10 的蒸汽分配系统 30 进入处理室 10。蒸汽前驱体传输系统 40 可以耦合到蒸汽管线温度控制系统 42, 以控制蒸汽管线温度并防止 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽的分解以及 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽的冷凝。蒸汽前驱体传输系统 40 例如可以被保持在 50°C 到 100°C 之间的温度下。

[0040] 再次参考图 3, 形成处理室 10 的一部分并耦合到处理室 10 的蒸汽分配系统 30 包括蒸汽分配空间 32, 蒸汽在经过蒸汽分配板 34 并进入衬底 25 上方的处理区 33 之前在蒸汽分配空间 32 内分散。另外, 蒸汽分配板 34 可以耦合到被配置为控制蒸汽分配板 34 的温度的分配板温度控制系统 35。

[0041] 一旦包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽和 CO 气体的处理气体进入了处理室 10 的处理区 33, $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽就会在吸附在衬底表面时由于图案化衬底 25 升高的温度而发生热分解, 并且在图案化衬底 25 上形成 Ru 金属层。衬底夹持器 20 被配置为利用耦合到衬底温度控制系统 22 的衬底夹持器 20 升高图案化衬底 25 的温度。例如, 衬底温度控制系统 22 可被配置为将图案化衬底 25 的温度升至高达约 500°C。另外, 处理室 10 可以耦合到被配置为控制室壁的温度的室温控制系统 12。

[0042] 仍然参考图 3, 沉积系统 1 还可包括被配置为运行和控制沉积系统 1 的操作的控制系统 80。控制系统 80 耦合到处理室 10、衬底夹持器 20、衬底温度控制系统 22、室温控制系

统 12、蒸汽分配系统 30、蒸汽前驱体传输系统 40、金属前驱体蒸发系统 50 和气体供应系统 60。

[0043] 图 4 描绘了根据本发明的实施例用于由 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽和 CO 气体沉积 Ru 金属膜的另一 TCVD 系统的示意图。沉积系统 100 包括具有衬底夹持器 120 的处理室 110，衬底夹持器 120 被配置为支撑在其上形成金属层的图案化衬底 125。处理室 110 耦合到前驱体传输系统 105，前驱体传输系统 105 具有被配置为存储 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152 并使其蒸发的金属前驱体蒸发系统 150 和被配置为将 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152 的蒸汽输运到处理室 110 的蒸汽前驱体传输系统 140。

[0044] 处理室 110 包括上室部分 111、下室部分 112 和排气室 113。开口 114 形成在下室部分 112 内，而底部 112 在此与排气室 113 相耦合。

[0045] 仍然参考图 4，衬底夹持器 120 提供支撑待处理的图案化衬底（或晶片）125 的水平表面。衬底夹持器 120 可由圆柱形支撑构件 122 支撑，支撑构件 122 从排气室 113 的下部向上延伸。此外，衬底夹持器 120 包括耦合到衬底夹持器温度控制系统 128 的加热器 126。加热器 126 可以例如包括一个或多个电阻加热元件。或者，加热器 126 可以例如包括辐射加热系统，例如钨-卤素灯。衬底夹持器温度控制系统 128 可包括用于向一个或多个加热元件提供功率的功率源、用于测量衬底温度或衬底夹持器温度或这两者的一个或多个温度传感器、以及被配置为执行监视、调节或控制衬底 125 或衬底夹持器 120 的温度中的至少一种操作的控制装置。

[0046] 在处理期间，被加热的图案化衬底 125 可以热分解 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽，从而能够在衬底 125 上沉积 Ru 金属层。衬底夹持器 120 被加热到某一预先确定的温度，该温度适于将期望的 Ru 金属膜沉积到图案化衬底 125 上。另外，耦合到室温控制系统 121 的加热器（未示出）可以嵌入在处理室 110 的壁内以将室壁加热到预定温度。加热器可以将处理室 110 的壁温维持在从约 40°C 到约 150°C 的范围内，或者从约 40°C 到约 80°C 的范围内。压力计（未示出）被用于测量处理室压强。根据本发明的实施例，处理室压强可以在约 1mTorr 和约 1000mTorr 之间。或者，处理室压强可以在约 10mTorr 和约 200mTorr 之间。

[0047] 如图 4 所示，蒸汽分配系统 130 耦合到处理室 110 的上室部分 111。蒸汽分配系统 130 包括蒸汽分配板 131，蒸汽分配板 131 被配置为将前驱体蒸汽从蒸汽分配空间 132 经过一个或多个孔 134 引入到衬底 125 上方的处理区 133。

[0048] 此外，在上室部分 111 中提供有开口 135，用于将来自蒸汽前驱体传输系统 140 的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽引入到蒸汽分配空间 132 中。而且，提供了温度控制元件 136，例如被配置为流动经冷却或加热流体的同心流体通道，其用于控制蒸汽分配系统 130 的温度，从而防止蒸汽分配系统 130 内 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体的分解或冷凝。例如，诸如水之类的流体可被从蒸汽分配温度控制系统 138 提供给流体通道。蒸汽分配温度控制系统 138 可包括流体源、热交换器、用于测量流体温度或蒸汽分配板温度或这两者的一个或多个温度传感器、以及被配置为将蒸汽分配板 131 的温度控制在从约 20°C 到约 150°C 的控制器。对于 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体，蒸汽分配板 131 的温度可以被保持在约 65°C 或以上，以避免前驱体在板 131 上冷凝。

[0049] 如图 4 所示，金属前驱体蒸发系统 150 被配置为保存 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152 并通过升高 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体的温度而使 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152 蒸发（或升华）。术语“汽化”、“升华”

和“蒸发”在这里可交替使用,以指代一般的由固态或液态前驱体形成蒸汽(气体),而无论这种变换是例如从固态到液态再到气态,从固态到气态,还是从液态到气态。前驱体加热器 154 被提供用于加热 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152 以将 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152 维持在产生 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152 的期望蒸汽压的温度下。前驱体加热器 154 耦合到被配置为控制 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152 的温度的蒸发温度控制系统 156。例如,前驱体加热器 154 可被配置为将 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152 的温度调节在从约 40°C 到约 150°C 的范围内,或者从约 60°C 到约 90°C 的范围内。

[0050] 随着 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152 被加热到引起蒸发(或升华),含 CO 气体可以被传送经过 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152 上方,或者穿过 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152,以在 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽形成时夹带该 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽。含 CO 气体可以包含 CO 和可选的诸如 N_2 或稀有气体(即,He、Ne、Ar、Kr、Xe)之类的惰性气体。例如,气体供应系统 160 耦合到金属前驱体蒸发系统 150,并且其例如被配置为使 CO 气体流经 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152 上方或穿过 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体 152。虽然未在图 4 中示出,但是气体供应系统 160 还可以耦合到蒸汽前驱体传输系统 140 以在金属前驱体 152 的蒸汽进入蒸汽前驱体传输系统 140 时或进入之后向金属前驱体 152 的蒸汽提供 CO 气体,例如以便在将图案化衬底 125 暴露于含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽和 CO 气体的处理气体之前用含 CO 气体的预处理气体对图案化衬底 125 进行预处理,使得图案化衬底 125 的暴露表面具有饱和的吸附 CO。

[0051] 气体供应系统 160 可包括包含惰性载气、CO 气体或其混合物的气体源 161、一个或多个控制阀 162、一个或多个过滤器 164 以及质量流量控制器 165。例如,含 CO 气体的质量流率范围可以从约 0.1sccm 到约 1000sccm。

[0052] 另外,传感器 166 被提供用于测量来自金属前驱体蒸发系统 150 的总气体流。传感器 166 可以例如包括质量流量控制器,并且传输到处理室 110 的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽的量可以利用传感器 166 和质量流量控制器 165 确定。或者,传感器 166 可包括测量在到处理室 110 的气体流中的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体的浓度的光吸收传感器。

[0053] 旁路管线 167 可以定位在传感器 166 下游,并且其可以将蒸汽传输系统 140 连接到排气管线 116。旁路管线 167 被提供用于抽空蒸汽前驱体传输系统 140,并稳定到处理室 110 的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽和 CO 气体的供应。另外,在旁路管线 167 上提供有位于蒸汽前驱体传输系统 140 的分支的下游的旁路阀 168。

[0054] 仍然参考图 4,蒸汽前驱体传输系统 140 包括分别具有第一和第二阀 141 和 142 的高传导率蒸汽管线。另外,蒸汽前驱体传输系统 140 还可包括被配置为经由加热器(未示出)加热蒸汽前驱体传输系统 140 的蒸汽管线温度控制系统 143。蒸汽管线的温度可被控制,以避免蒸汽管线中 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体的冷凝。蒸汽管线的温度可被控制在从约 20°C 到约 100°C 的范围内,或者从约 40°C 到约 90°C 的范围内。

[0055] 而且,可以从气体供应系统 190 提供 CO 气体。例如,气体供应系统 190 耦合到蒸汽前驱体传输系统 140,并且其例如被配置为用于含 CO 气体的预处理气体对图案化衬底 125 进行预处理,或在蒸汽前驱体传输系统 140 中(例如在阀 141 的下游)将附加的 CO 气体与 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽混合。气体供应系统 190 可包括 CO 气体源 191、一个或多个控制阀 192、一个或多个过滤器 194 以及质量流量控制器 195。例如,CO 气体的质量流率范围可以从约 0.1sccm(每分钟标准立方厘米)到约 1000sccm。

[0056] 质量流量控制器 165 和 195、以及阀 162、192、168、141 和 142 由控制器 196 控制,

控制器 196 控制惰性载气、CO 气体和 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体蒸汽的供应、切断和流动。传感器 166 也连接到控制器 196, 并且基于传感器 166 的输出, 控制器 196 可以控制经过质量流量控制器 165 的载气流, 以获得到处理室 110 的期望 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体流。

[0057] 如图 4 所示, 排气管线 116 将排气室 113 连接到泵系统 118。真空泵 119 被用于将处理室 110 抽空到期望的真空度, 并在处理期间从处理室 110 中去除气体物质。自动压强控制器 (APC) 115 和阱 117 可以与真空泵 119 串联使用。真空泵 119 可包括泵速能高达 500 公升每秒 (以及更大) 的涡轮分子泵 (TMP)。或者, 真空泵 119 可包括干粗抽泵。在处理期间, 处理气体可被引入到处理室 110 中, 并且室压强可由 APC 115 调节。APC 115 可包括蝶形阀或门阀。阱 117 可以收集来自处理室 110 的未反应的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驱体材料和副产物。

[0058] 返回到处理室 110 中的衬底夹持器 120, 如图 4 所示, 三个衬底抬升钉 127 (只示出了两个) 被提供用于保持、提升和降低图案化衬底 125。衬底抬升钉 127 耦合到板 123, 并且可被降低到低于衬底夹持器 120 的上表面。例如采用气缸的驱动机构 129 提供了用于提升和降低板 123 的装置。图案化衬底 125 可以经由机械转移系统 (未示出) 经过门阀 200 和室馈通通路 202 移入和移出处理室 110, 并被衬底抬升钉 127 接收。一旦从转移系统接收到图案化衬底 125, 就可以通过降低衬底抬升钉 127 将其降低到衬底夹持器 120 的上表面。

[0059] 仍然参考图 4, 沉积系统控制器 180 包括微处理器、存储器和数字 I/O 端口, 数字 I/O 端口能够生成足以传输并激活到沉积系统 100 的输入以及监视来自处理系统 100 的输出的控制电压。而且, 控制器 180 耦合到处理室 110; 包括控制器 196、蒸汽管线温度控制系统 143 和蒸发温度控制系统 156 的前驱体传输系统 105; 蒸汽分配温度控制系统 138; 真空泵系统 118; 以及衬底夹持器温度控制系统 128, 并与这些系统交换信息。在真空泵系统 118 中, 控制器 180 耦合到用于控制处理室 110 中的压强的自动压强控制器 115 并与之交换信息。存储在存储器中的程序被用于根据存储的工艺方案控制沉积系统 100 的前述组件。

[0060] 控制器 180 可以实现为通用计算机系统, 其响应于处理器执行包含在存储器中的一条或多条指令的一个或多个序列而执行本发明的基于微处理器的处理步骤中的一部分或全部。这些指令可以从另一计算机可读介质 (例如硬盘或可移动介质驱动器) 读取到控制器存储器中。也可以采用多处理布置中的一个或多个处理器作为控制器微处理器以执行包含在主存储器中的指令序列。在替换实施例中, 硬连线电路可以用来替代软件指令或者与软件指令相组合。从而, 这些实施例并不限于硬件电路和软件的任何特定组合。

[0061] 控制器 180 包括至少一种计算机可读介质或存储器 (例如控制器存储器), 其用于保存根据本发明的教导编程的指令并且用于包含数据结构、表、记录和可能对于实现本发明来说是必需的其他数据。计算机可读介质的示例是致密盘、硬盘、软盘、磁带、磁光盘、PROM (EPROM、EEPROM、闪存 EPROM)、DRAM、SRAM、SDRAM、或任何其他磁介质、致密盘 (例如 CD-ROM)、或任何其他光介质、穿孔卡、纸带、或其他具有孔图案的物理介质、载波 (下面将描述) 或任何其他计算机可以读取的介质。

[0062] 本发明包括存储在计算机可读介质中的任何一种或其组合上的软件, 该软件用于控制控制器 180, 驱动一个或多个设备以实现本发明, 并且 / 或者使控制器能够与人类用户交互。这种软件可包括但不限于设备驱动器、操作系统、开发工具和应用软件。这种计算机可读介质还包括本发明的计算机程序产品, 其用于执行在实现本发明时所执行的处理中的

一部分（如果处理是分布式的话）或全部。

[0063] 本发明的计算机代码设备可以是任何可解释或可执行的代码机构，包括但不限于脚本、可解释程序、动态链接库（DLL）、Java 类和完全可执行程序。而且，本发明的处理的一部分可以进行分布以实现更好的性能、可靠性和 / 或成本。

[0064] 这里所用的术语“计算机可读介质”指参与向控制器 180 的处理器提供指令以用于执行的任何介质。计算机可读介质可以采取许多形式，包括但不限于非易失性介质、易失性介质和传输介质。非易失性介质例如包括光盘、磁盘和磁光盘，例如硬盘或可移动介质驱动器。易失性介质包括动态存储器，例如主存储器。而且，各种形式的计算机可读介质都可用来向控制器的处理器提供一条或多条指令的一个或多个序列以用于执行。例如，指令可以首先加载在远程计算机的磁盘上。远程计算机可以将用于实现本发明的全部或一部分的指令远程地加载到动态存储器中，并通过网络将指令发送到控制器 180。

[0065] 控制器 180 可以位于沉积系统 100 本地，或者可以位于沉积系统 100 远处。例如，控制器 180 可以利用直接连接、内联网、因特网和无线连接中的至少一种与沉积系统 100 交换数据。控制器 180 可以耦合到例如在客户位置（即，器件制作者等）处的内联网，或者耦合到例如在供应商位置（即，设备制造商）处的内联网。另外，例如，控制器 180 可以耦合到因特网。此外，另一计算机（即，控制器、服务器等）可以经由直接连接、内联网或因特网中的至少一种访问例如控制器 180 以交换数据。本领域技术人员还将意识到，控制器 180 可以经由无线连接与沉积系统 100 交换数据。

[0066] 在多个实施例中，公开了用于利用含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前躯体蒸汽和 CO 气体的处理气体以热化学气相沉积工艺选择性沉积 Ru 金属膜的多个实施例。对于本发明的实施例的前述描述为了说明和描述的目的而被提供。其不是意在进行完备描述，或将本发明限制到所公开的精确形式。该描述和所附权利要求书包含仅仅用于描述性目的的术语，并且不应被认为是限制。例如，在本文中（包括在权利要求书中）使用的术语“在……上”不要求“在”图案化衬底“上”的膜直接处于工件上并与该工件接触；在该膜和图案化衬底之间可以存在第二膜或其它结构。

[0067] 相关领域中的技术人员可以理解，根据上述的教导，可以进行多种修改和变化。本领域技术人员将认识到图中所示的各种部件的不同等价组合和替换。因此，本发明的范围不由该详细描述限定，而是由所附权利要求限制。

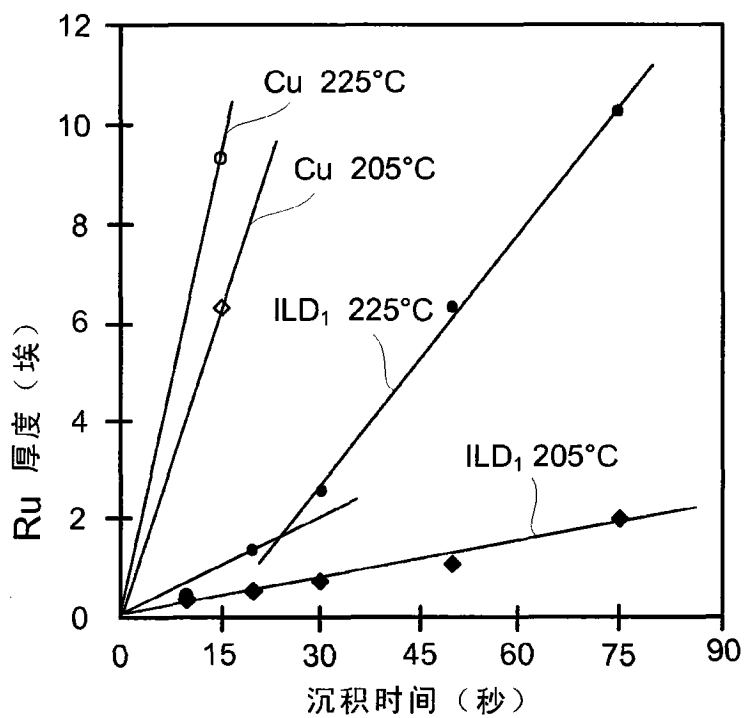


图 1A

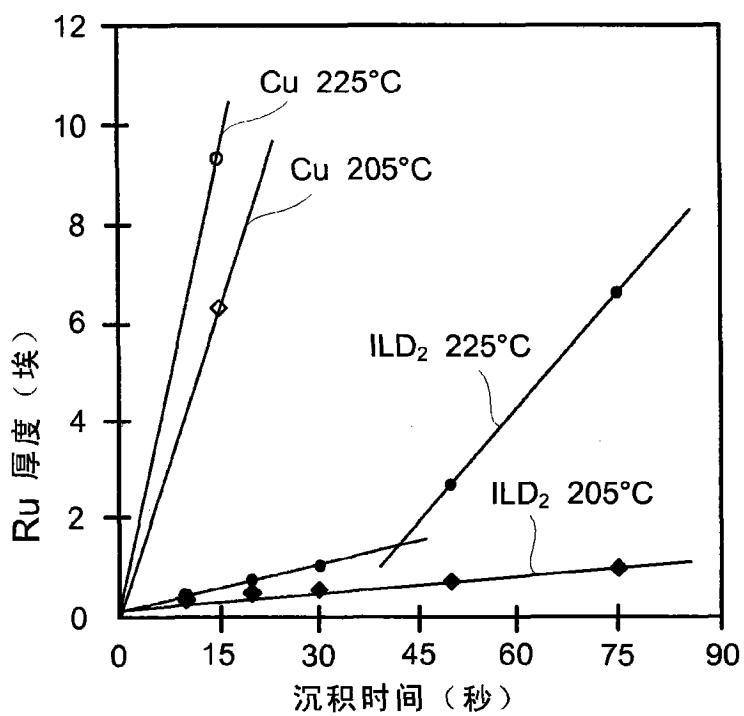


图 1B

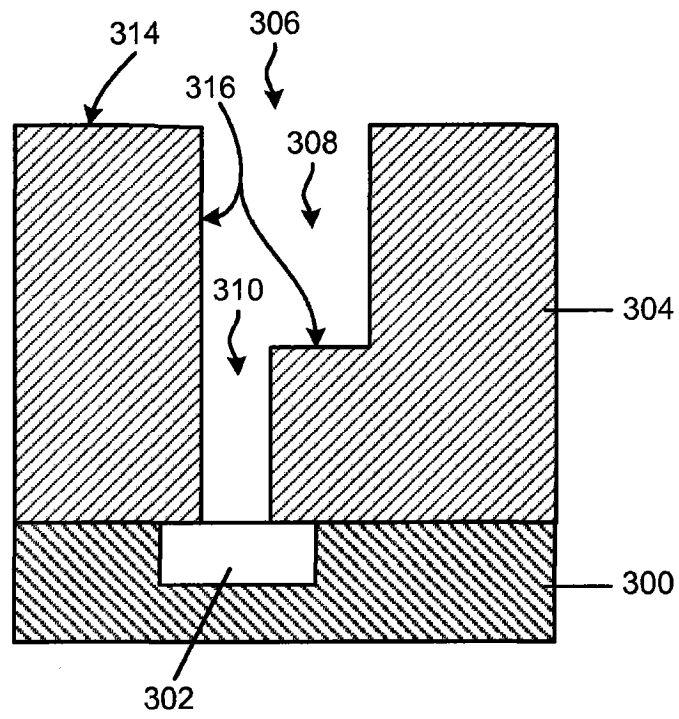


图 2A

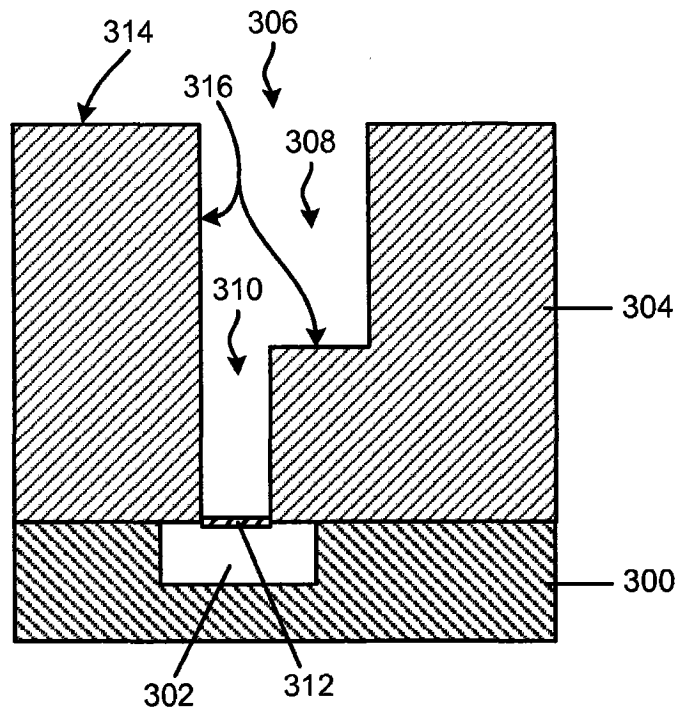


图 2B

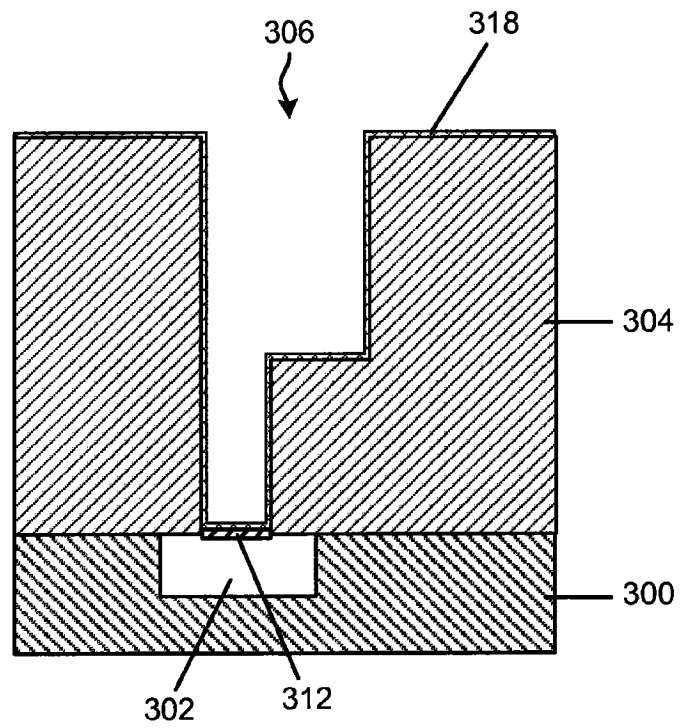


图 2C

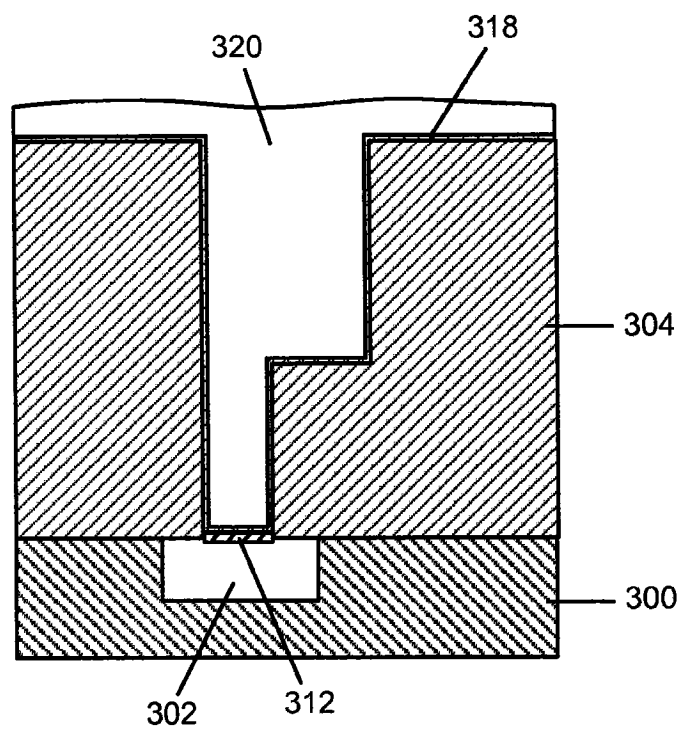


图 2D

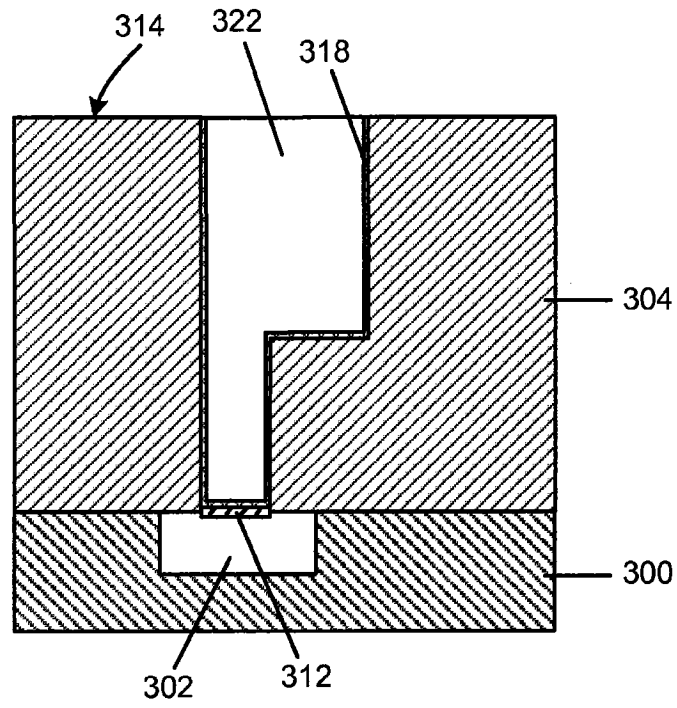


图 2E

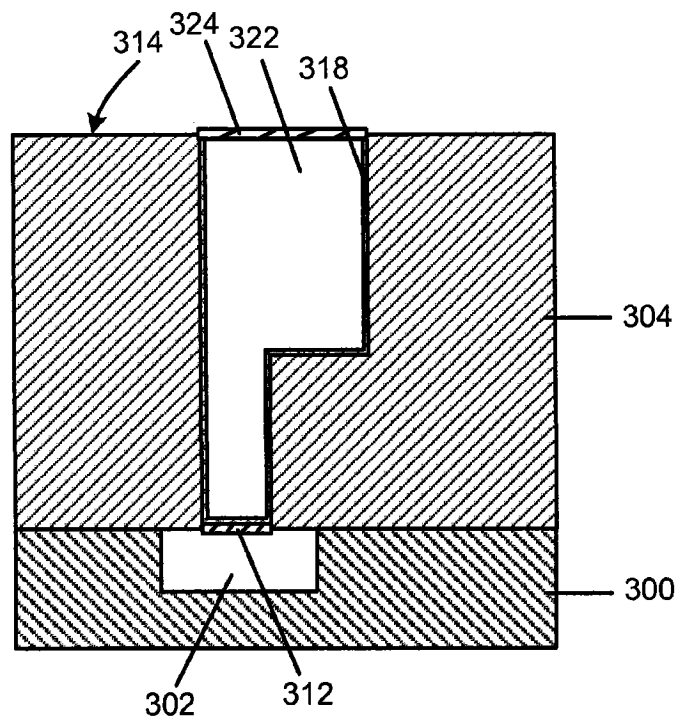


图 2F

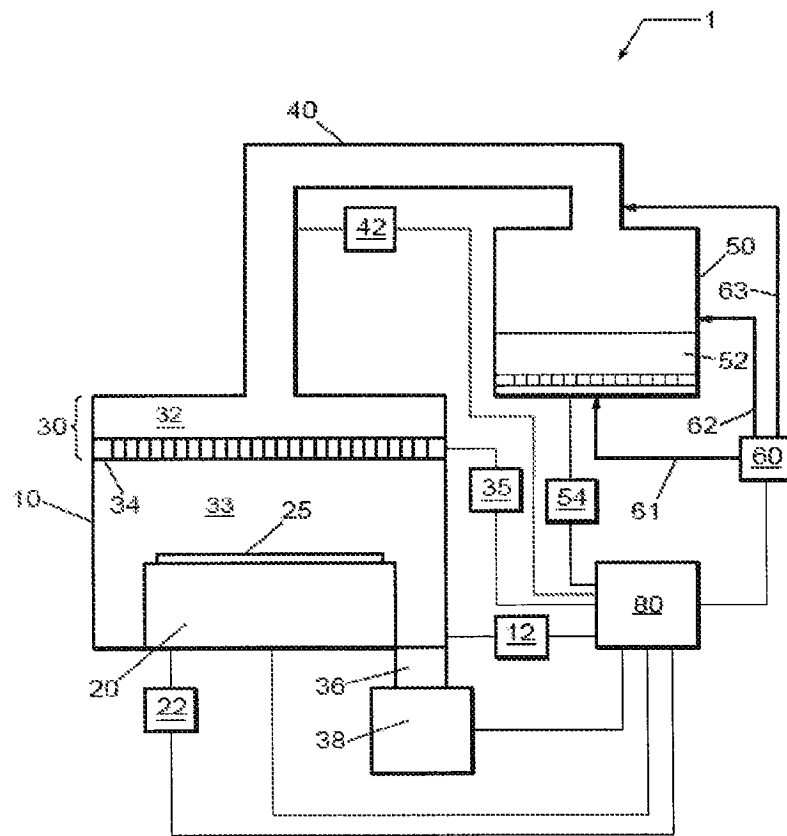


图 3

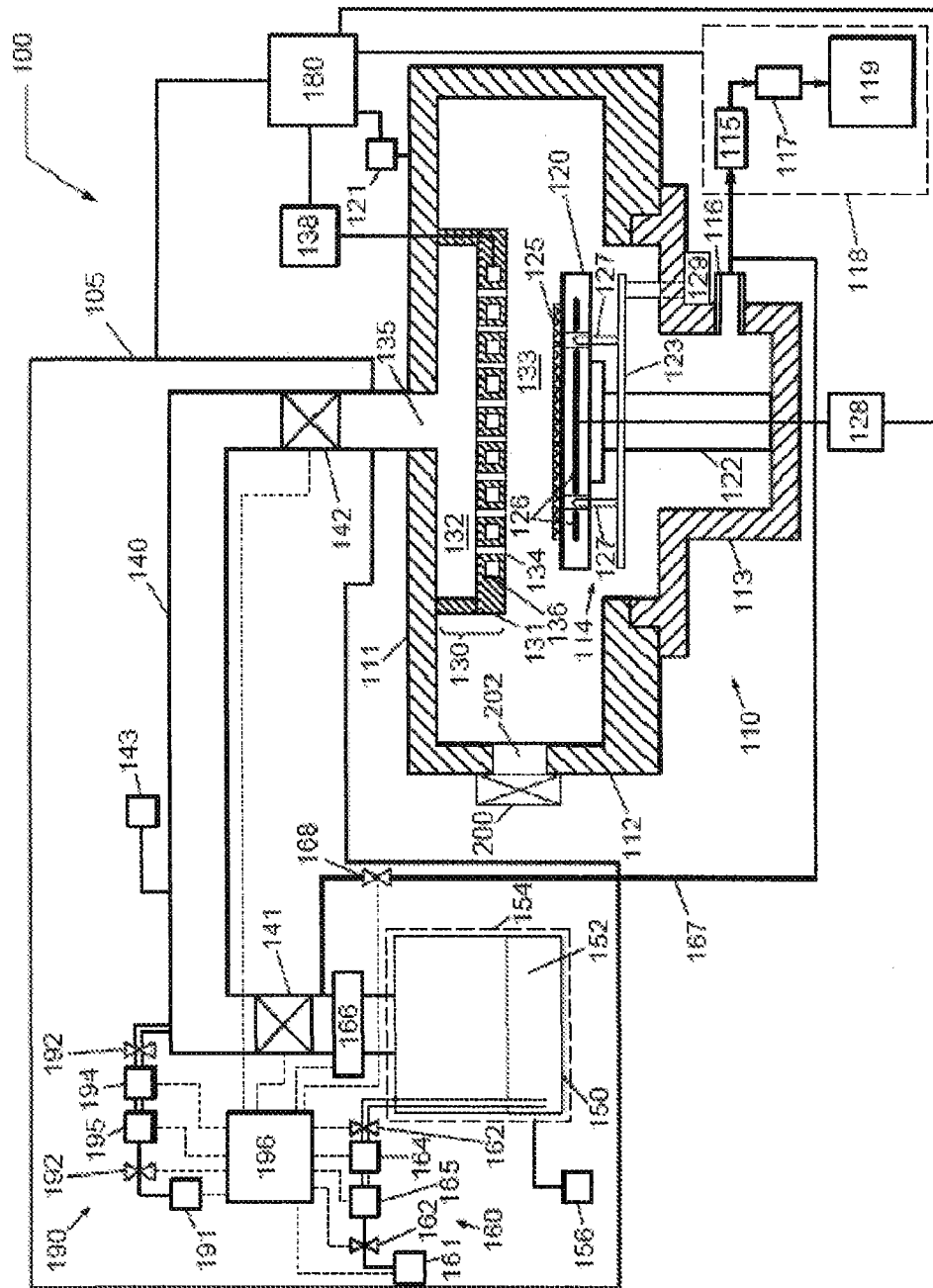


图 4