



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101111931 B

(45) 授权公告日 2010. 05. 12

(21) 申请号 200580046857. 6

(22) 申请日 2005. 11. 30

(30) 优先权数据

11/035, 730 2005. 01. 18 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007. 07. 18

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2005/043027 2005. 11. 30

(87) PCT申请的公布数据

W02006/078354 EN 2006. 07. 27

(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 艾伦·利思 安东尼·迪朴 吴昇昊

(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 李剑

(51) Int. Cl.

H01L 21/336 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1542945 A, 2004. 11. 03, 说明书第 8 页第 2 段.

US 2003215570 A1, 2003. 11. 20, 说明书 0022, 0037 段.

CN 1552097 A, 2004. 12. 01, 全文.

CN 1260842 A, 2000. 07. 19, 全文.

CN 1039680 A, 1990. 02. 14, 说明书第 13 页第 2 段至第 32 页最后一段.

CN 1490845 A, 2004. 04. 21, 说明书第 6 页第 23 行至第 11 页第 25 行、附图 3-9.

审查员 林昭春

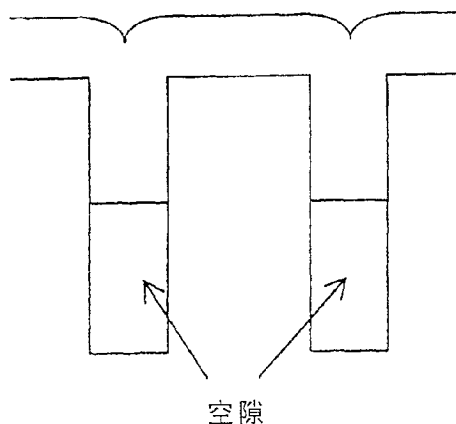
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 6 页

(54) 发明名称

使用六氯乙硅烷或其它含氯硅前驱体的微构件填充工艺和装置

(57) 摘要

本发明提供了一种通过处理系统中的低压沉积工艺在衬底上的微构件中沉积含硅膜的方法。通过在处理系统的处理室中提供衬底,然后将六氯乙硅烷(HCD)处理气体暴露于所述衬底,可以在微构件中形成含硅膜。本发明还提供了一种处理设备,所述处理设备包括使用含硅和氯的气体(例如HCD处理气体)在微构件中形成含硅膜的处理系统。或者,所述微构件可被暴露于DCS、 SiCl_4 和 SiHCl_3 气体。或者,所述微构件可被暴露于 $(\text{SiH}_4+\text{HCl})$ 。



1. 一种在衬底上的微构件中沉积含硅材料的方法,所述方法包括:

在处理系统的处理室中提供包括微构件的衬底,所述微构件是指在衬底中和/或在形成于衬底上的一个层或多个层中形成的构件,其尺寸为微米级或亚微米级;

将所述微构件暴露于第一含硅处理气体及第二含硅处理气体,其中所述第一含硅处理气体为 HCD、DCS、 SiCl_4 和 SiHCl_3 中的至少一种或其组合;以及

将含硅材料沉积在所述微构件中,同时减少所述处理室中的所述第一含硅处理气体的百分比并增加具有更高沉积速率的第二含硅处理气体的百分比。

2. 如权利要求 1 的方法,其中所述暴露操作还包括使所述第一含硅处理气体以 5-1000sccm 的流率流动。

3. 如权利要求 1 的方法,其中所述暴露操作还包括使所述第一含硅气体以 80sccm 的流率流动。

4. 如权利要求 1 的方法,其中所述暴露操作还包括将所述微构件暴露于含氢气体。

5. 如权利要求 1 的方法,其中所述暴露操作还包括将所述微构件暴露于包含 H_2 、 GeH_4 、 B_2H_6 、 PH_3 和 SiH_4 中的至少一种或其任意组合的含氢气体。

6. 如权利要求 5 的方法,其中所述第一含硅处理气体与所述含氢气体之比为 2 : 1-1 : 2 之间。

7. 如权利要求 1 的方法,其中所述暴露操作还包括使含氢气体以 5-5000sccm 的流率流动。

8. 如权利要求 1 的方法,其中所述暴露操作还包括使所述第二含硅处理气体以 5-1000sccm 的流率流动。

9. 如权利要求 1 的方法,其中所述暴露操作还包括将所述微构件暴露于所述第一含硅处理气体以及含磷气体、含硼气体和含锗气体中的至少一种。

10. 如权利要求 1 的方法,其中所述暴露操作还包括将所述微构件暴露于含氢气体和含锗气体。

11. 如权利要求 1 的方法,其中所述暴露操作还包括将所述微构件暴露于 H_2 和 GeH_4 。

12. 如权利要求 1 的方法,其中所述沉积操作包括,首先用所述第一含硅处理气体进行处理,然后在所述微构件被基本填充之前将所述第一含硅处理气体转换为所述第二含硅处理气体。

13. 如权利要求 1 的方法,其中所述沉积操作包括,首先用所述第一含硅处理气体进行处理,然后在所述微构件被基本填充之前将所述第一含硅处理气体转换为 HCD 和所述第二含硅处理气体。

14. 如权利要求 1 的方法,其中所述沉积操作包括,首先用所述第一含硅处理气体进行处理,然后在所述微构件被基本填充时将所述第一含硅处理气体转换为所述第二含硅处理气体。

15. 如权利要求 1 的方法,其中所述沉积操作包括,首先用所述第一含硅含硅处理气体进行处理,然后在所述微构件被基本填充时将所述第一含硅处理气体转换为 HCD 和所述第二含硅处理气体。

16. 如权利要求 1 的方法,其中所述沉积操作包括,首先用所述第一含硅处理气体进行处理,然后逐步改变所述第一含硅处理气体的百分比,并逐步代之以所述第二含硅处理气

体。

17. 如权利要求 1 的方法,还包括提供 0.1-1Torr 的处理室压力。
18. 如权利要求 1 的方法,还包括提供 0.2Torr 的处理室压力。

使用六氯乙硅烷或其它含氯硅前驱体的微构件填充工艺和装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请与 2003 年 9 月 30 日提交的美国申请 No. 10/673375 相关,通过引用将其全文结合于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及半导体处理,更具体地涉及使用六氯乙硅烷 (HCD) 处理气体来填充半导体衬底上的微构件的工艺和处理设备。

背景技术

[0004] 在半导体器件的制造过程中,有时在衬底表面上形成微结构以隔离器件和形成其它器件(例如电容器)等。然后,通常用硅烷 (SiH_4) 将这些微结构填充。随着电路结构缩小至越来越小的特征尺寸,衬底上的微构件的深宽比(深度与宽度之比)增大,见图 1。当在多晶硅工艺中仅使用硅烷时,微构件内部的缺陷水平随着微构件深宽比增大而提高。此外,由于绝对尺寸降低,会出现不依赖于微构件深宽比的产生缺陷的新机制。一种常见的缺陷是在微构件内部产生空隙。这些空隙形成了高电阻区域,并且可能会干扰电路操作。

[0005] 几种可能形成空隙的原因是:沉积气体耗尽、成核特性不同、存在气相自由基、以及氢气从沉积膜上释放。

发明内容

[0006] 本文所用术语“微构件”是指在衬底中和/或在形成于衬底上的一个层或多个层中形成的构件(feature),其尺寸为微米级,通常为亚微米级,即小于 $1\mu\text{m}$ 。微构件可以例如是沟槽、坡、谷或过孔。

[0007] 本发明人已发现,因为在高沉积速率下, SiH_4 反应是传递控制的反应,所以可能会由于沉积气体耗尽而形成空隙。图 2 示出了微构件的顶部 A 和底部 B。由于沉积速率依赖于衬底附近的反应物浓度,到达微构件底部 B 的 SiH_4 反应物比到达顶部 A 的少,原因在于反应物在到达底部 B 之前被沉积。由于微构件顶部 A 暴露于更多的反应物,因此微构件顶部 A 的沉积速率高于微构件底部 B 的沉积速率。如图 3 所示,此较高的沉积速率最终阻塞了微构件的开口,以使反应物不能再到达微构件的底部 B。因此,微构件的深宽比越高,微构件的开口越容易过早地封闭,从而形成空隙。

[0008] 为了防止由于在微构件顶部出现较高的沉积速率而形成空隙,常规微构件填充技术降低了沉积初始阶段的总体沉积速率。当 SiH_4 与惰性气体结合、或处理温度降低时,沉积速率降低。不存在能够将空隙形成降至零的方法,特别是当微构件具有高深宽比时。

[0009] 与气体传递无关的形成空隙的潜在原因是存在气相 SiH_4 自由基。这些自由基易于聚集在晶圆边缘,其次聚集在衬底表面和待填充微构件的角落附近和周围。由于这些自由基的气相聚集群在微构件中被消耗,因此微构件内的沉积可用的自由基将更少。

[0010] 空隙形成的另一种可能机制是氢气从沉积膜上释放。可以看出,较高温度下的沉积后处理导致额外的结晶和氢气释放。结果造成沉积膜中的体积减小以及空隙形成。

[0011] 氢气释放发生在不同于微构件填充本身的其它工艺中。例如,解决关于微构件填充的传递问题的一种可能的方案是在试图填充微构件之前在低温下沉积无定型硅种子层。然而,这样做会导致氢气释放,实际上是用一种空隙形成机制取代了另一种。

[0012] 此外,本发明人已发现,随着微构件开口变小,出现了间隙形成的新现象。对于开口大约数百埃、深度可达数千埃的微构件,深宽比可为 5 : 1 或 10 : 1。尽管此深宽比可类似于已知微构件的深宽比,但是微构件开口的绝对尺寸远小于传统的微构件开口。如图 4 所示,对于如此小的微构件开口,微构件开口的封闭可以通过与较之微构件底部在顶部优先沉积不同的方式发生。以此方式形成的空隙具有近乎矩形的剖面。本发明人已发现,当微构件开口的宽度小于约 1000 埃至数百埃的范围(可沿微构件侧壁随机形成的 Si 种子的量级)时,沉积速率几乎为零,而并非在微构件底部缓慢沉积。

[0013] 本发明的一个目的是提供在处理系统的处理室中对半导体晶圆上的微构件进行填充的方法和系统,所述方法和系统减轻或解决了常规沉积系统和方法具有的上述问题和/或其它问题。

[0014] 本发明的另一个目的是提供将含硅膜与半导体应用相结合的成本低廉的方案。

[0015] 本发明的上述和/或其它目的可通过在衬底上沉积含硅膜的方法来实现。该方法包括:在处理系统的处理室中提供衬底;使六氯乙硅烷(HCD, Si_2Cl_6) 处理气体流入所述处理室中和所述衬底上的微构件内。

[0016] 在本发明的另一方面,提供了将含硅材料沉积在微构件中而不形成空隙的处理设备。该处理设备包括:转移系统,其被配置成用于在处理系统的处理室中提供衬底;气体注射系统,其被配置成用于将 HCD 处理气体暴露于所述衬底以在微构件中沉积含硅材料;控制器,其被配置成用于控制所述处理设备。

附图说明

[0017] 图 1 示出了衬底上的标有宽度和深度的微构件;

[0018] 图 2 示出了标有顶部和底部区域的微构件;

[0019] 图 3 示出了填充工艺后的微构件内的空隙;

[0020] 图 4 示出了当微构件的绝对尺寸小于约 1000 埃时所形成的空隙;

[0021] 图 5 示出了根据本发明的一种实施方式的用于在衬底上沉积含硅膜的一种批量式处理系统的简化框图;

[0022] 图 6 示出了根据本发明的一种实施方式的用于在衬底上沉积含硅膜的另一种批量式处理系统的简化框图;

[0023] 图 7 示出了根据本发明的一种实施方式的处理设备的简化框图;

[0024] 图 8 示出了根据本发明的一种实施方式将含硅膜沉积在微构件中的流程图;

[0025] 图 9 示出了可用于实施本发明的通用计算机。

具体实施方式

[0026] 本文所用术语“微构件”是指在衬底中和/或在形成于衬底上的一个层或多个层

中形成的构件,其尺寸为微米级,通常为亚微米级,即小于 $1\ \mu\text{m}$ 。微构件可以例如是沟槽、坡、谷或过孔。

[0027] 本发明的一种示例性实施方式详述了使用 HCD 或另一种含氯硅前驱体作为用于填充多晶硅微构件的主要沉积气体。HCD 的沉积特性使其成为用于该目的的理想气体。在大多数操作温度下,使用 HCD 时的沉积速率远低于 SiH_4 。而且,HCD 沉积是反应控制的沉积,而不是传递控制的沉积。这减轻了微构件开口的过早封闭的问题,原因在于反应物能够更好地到达微构件底部。

[0028] 此外,与 SiH_4 不同,HCD 不含氢。因此,沉积膜不会发生如仅使用 SiH_4 沉积的膜那样的氢气释放。而且,如果膜是用含氢气体沉积的,可从 HCD 或另一种含氯气体得到的氯将有助于降低膜中的氢水平,从而减少氢气释放。这些特性导致,用 HCD 气体或含氯气体的沉积对目前和将来的结构的保形性远胜于用常规处理气体的沉积,并且在微结构中形成空隙的可能性更低。

[0029] HCD 通过两种方式克服了存在气相自由基的问题。首先,HCD 提供了更均匀的气相物质的第二源,导致更保形的沉积。其次,HCD 还是重要的氯源,这有利于减慢成核速率,这是由 SiH_4 以及 HCD 组合使用的任何其它含氢气体的所得气相自由基造成的。

[0030] 而且,HCD 对很小的几何结构具有更好的沉积特性。HCD 沉积减少或防止种子在微构件顶部早期形成。如上所述,此种子形成可在微构件底部产生接近零的沉积速率。当发生这种情况时,沉积在微构件底部上方某处的近似水平线上终止。

[0031] HCD 处理气体的沉积特性也可通过使用附加气体改变。 H_2 、 GeH_4 、 B_2H_6 、 PH_3 和 SiH_4 以及其它气体可与 HCD 一起被引入,以影响沉积特性和 / 或沉积膜的特性。 B_2H_6 和 PH_3 例如会影响电导率,而 H_2 和 SiH_4 可被添加以提高沉积速率。通常,在微构件填充工艺中形成的膜非常厚,因此用沉积速率低的工艺来形成全部的膜厚度通常不切实际。 H_2 和 / 或 SiH_4 的添加会将沉积速率提高到可制造的水平。

[0032] 根据待填充的几何结构,可以首先用 HCD 或其它含氯硅前驱体在微构件底部沉积初始层,然后在沉积工艺的剩余部分转换成另一种处理气体。可以使用这种方式转换处理气体,以缩短处理时间或影响随后沉积的材料的光滑度。

[0033] 在一种实施方式中,处理气体可以在工艺开始时为 HCD 或 HCD 的混合物,然后在工艺过程中,HCD 的百分比可以变化。例如,为了填充微构件,可在工艺开始使用 HCD 或 HCD 与另一种气体的组合。然后,在微构件被基本填充之前不久,可将处理气体改变成具有更高沉积速率的气体或气体组合。可在微构件被基本填充之时或微构件被填充之后不久进行处理气体的另一次改变。或者,可在工艺过程中连续地改变气体组合。在一种实施方式中,处理气体 (HCD) 的百分比可以以小步长递减或沿着渐变曲线递减,而具有更高的沉积速率的另一种气体的百分比逐步增加。

[0034] 如果在微构件填充完成时或完成前后不久,将处理气体由 HCD 或另一种类似气体转换,则可通过例如数学计算或试差法确定这样的转换点。

[0035] 通过使用其它含氯硅前驱体可以实现用 HCD 作为处理气体的某些好处,但处理温度可能会升高。这种含氯硅前驱体的例子是: SiH_4+HCl 、二氯硅烷、四氯硅烷和三氯硅烷等。这些含氯气体也可以与上面所列的附加气体组合使用,以达到相同的沉积特性和 / 或沉积膜特性。基本上只包含例如 HCD 作为活性气体的处理气体会被描述成只具有一个分子式的

处理气体。包含 SiH_4 和 HCl 二者作为活性气体的处理气体会被描述成具有多于一个分子式的处理气体。

[0036] 此外,可在工艺中不同点时添加含氯气体以影响沉积特性,即使该气体本身可能不包含硅。

[0037] HCD 或其它含氯前驱体与 SiH_4 之比的范围通常为:(基本上不含 SiH_4 的纯 HCD) 至(约 1 单位 HCD : 4 单位 SiH_4) 的组合。优选范围为从(2 单位 HCD : 1 单位 SiH_4) 至(1 单位 HCD : 2 单位 SiH_4)。典型的 HCD 或其它含氯前驱体与 SiH_4 之比约为 50vol% HCD : 50vol% SiH_4 。可以包含或不包含惰性气体。

[0038] 值得注意的是,使用传统的硅源气体不会提供含硅膜的低温沉积或高选择性的膜生长。然而,在很大程度上,对其它硅源气体的使用并没有研究,这可能是由于新的源气体难以在半导体工业中实现以及在批量式处理室中在不同的晶圆位置难以提供均匀的处理结果。因此,本发明人进行了实验,以对使用六氯乙硅烷(HCD) 处理气体在衬底上的微构件中沉积含硅膜进行分析。作为这种实验和分析的结果,本发明人已发现,在处理系统中,HCD 处理气体的低压暴露为在微构件中低温沉积含硅膜提供了可行的机制。

[0039] 如果 HCD 处理气体不是暴露于硅表面,而是暴露于包含例如氧化物、氮化物或金属之类的材料的表面,则使用 HCD 处理气体的含硅膜的沉积可以形成具有精细硅晶粒的含多晶硅的膜或含无定型硅的膜。含多晶硅的膜中的晶粒尺寸可以依赖于沉积条件以及热处理。

[0040] HCD 是可购得的具有高反应性的硅化合物,并且是很强的脱氧剂。作为使用 HCD 处理气体在处理系统中沉积含硅膜的实验和分析的结果,本发明人已发现,在相同的温度下,与在 H_2 或 HCl 的存在下使用常规 DCS 分解相比,使用 HCD 处理气体在衬底上沉积含硅膜的低压热分解工艺可以得到更高的沉积速率。可用 HCD 得到的较高沉积速率例如可使制造性沉积工艺在较低的衬底温度下进行,同时仍保持足够高的含硅膜沉积速率。尽管上述实验是以在批量式处理系统中运行的方式描述的,但是本发明不限于这样的处理系统,本领域技术人员可以认识到,本发明也可以在单个晶圆处理系统中实现。

[0041] 特别地,在处理系统中,在低压沉积工艺中,可以使用 HCD 处理气体将含硅膜沉积在衬底上。相同或相似的工艺可用于填充衬底上的微构件。在本工艺中,在处理室中提供衬底,用真空泵系统降低室压力,并使室温度和压力稳定。接着,可将处理室温度和处理室压力调至所需值。当达到处理温度时,可将衬底处理一段时间,从而在衬底上形成所需的含硅膜。在工艺结束时,可将处理室排空并用惰性气体清洗,并将衬底从处理室移出。此外,在沉积含硅膜或填充微构件之前,可以进行衬底预处理工艺。此预处理可包括在 900°C 的衬底温度下将衬底暴露于清洁气体(例如 H_2 气),以将杂质和氧化物层从衬底去除。

[0042] 现在参照附图,图 5 示出了根据本发明的一种实施方式的用于在衬底上沉积含硅膜的批量式处理系统的简化框图。批量式处理系统 100 包括处理室 102、气体注射系统 104、加热器 122、真空泵系统 106、工艺监测系统 108 和控制器 124。多个衬底 110 可被装入处理室 102,并通过衬底支架 112 进行处理。此外,处理室 102 包括外区 114 和内区 116。在本发明的一种实施方式中,内区 116 可为处理管。

[0043] 气体注射系统 104 可将气体引入处理室 102,用于清洗处理室 102,并用于准备、清洁和处理衬底 110。气体注射系统 104 例如可包括液体输送系统(LDS),所述液体输送系统

包含汽化器,以使 HCD 液体汽化。被汽化的液体可借助于载气流入处理室 102。或者,气体注射系统可包括鼓泡系统,用于将载气鼓泡通过包含 HCD 前驱体的容器。可以设置多条气体供给线以使气体流入处理室 102。可将气体引入由内区 116 所限定的空间 118,并使其暴露于衬底 110。然后,气体可流入由内区 116 和外区 114 所限定的空间 120,并通过真空泵系统 106 从处理室 102 排出。

[0044] 衬底 110 可被装入处理室 102,并通过衬底支架 112 进行处理。批量式处理系统 100 可容许大量紧密叠积的衬底 110 被处理,从而得到高衬底处理量。衬底的批次大小例如可以是约 100 个衬底(晶圆)或更少。或者,批次大小可为约 25 个衬底或更少。处理室 102 例如可以处理任何尺寸的衬底,例如 200mm 的衬底、300mm 的衬底或甚至更大的衬底。衬底 110 例如可以包括半导体衬底(例如,硅或化合物半导体)、LCD 衬底和玻璃衬底。除未经处理的衬底之外,还可以使用在其上具有多个形成的膜的衬底,这些膜包括但不限于,硅膜、金属膜、氧化物膜、氮化物膜和氧氮化物膜。

[0045] 批量式处理系统 100 可由控制器 124 控制,所述控制器 124 能够产生足以传达和激活批量式处理系统 100 的输入以及监测其输出的控制电压。而且,控制器 124 可与处理室 102、气体注射系统 104、加热器 122、处理检测系统 108 和真空泵系统 106 相耦合,并与其交换信息。例如,存储在控制器 124 的存储器中的程序可被用于根据所存储的工艺配方控制批量式处理系统 100 的前述组件。控制器 124 的一个例子是可从得克萨斯州达拉斯的 Dell Corporation 得到的 DELL PRECISION WORKSTATION 610™。

[0046] 可利用工艺监测系统 108 进行实时工艺监测。通常,工艺监测系统 108 为多功能监测系统,并可以例如包括质谱仪(MS)和傅立叶变换红外(FTIR)光谱仪。工艺监测系统 108 可对处理环境中的气态化学物质提供定性和定量的分析。可监测的工艺参数包括气体流率、气体压力、气态物质比例以及气体纯度。这些参数可与先前的工艺结果和经沉积的含硅膜的各种物理性质关联。

[0047] 图 6 示出了根据本发明的一种实施方式的用于在衬底上沉积含硅膜的另一种批量式处理系统的简化框图。批量式处理系统 1 包括处理室 10 和处理管 25,处理管 25 上端与排气管 80 相连接,下端与柱状歧管 2 的盖 27 密封相连。排气管 80 将来自处理管 25 的气体排放至真空泵系统 88,以使处理系统 1 中的压力保持预定的大气压或低于大气压。用于夹持以叠层方式排列(在垂直方向上间隔的各个水平面上)的多个衬底(晶圆)40 的衬底支架 35 被置于处理管 25 中。衬底支架 35 设置在转盘 26 上,转盘 26 安装在穿过盖 27 的旋转轴 21 上,并由电动机 28 驱动。转盘 26 可在处理过程中旋转,以改善膜的整体均匀性,或者所述转盘可在处理过程中固定。盖 27 安装在升降机 22 上,升降机 22 用于将衬底支架 35 转移进出反应管 25。当盖 27 位于其最高位置时,盖 27 用于将歧管 2 的开口端封闭。

[0048] 可在歧管 2 附近设置多条气体供给线,以将多种气体通过该气体供给线供给到处理管 25 中。在图 6 中,仅示出了多条气体供给线中的一条气体供给线 45。气体供给线 45 与气体注射系统 94 相连接。设置柱状热反射器 30 以覆盖反应管 25。热反射器 30 具有镜面抛光的内表面,以抑制由主加热器 20、底部加热器 65、顶部加热器 15 和排气管加热器 70 辐射的热被耗散。在处理室 10 的壁面中形成螺旋状冷却水通路(未示出),作为冷却介质通路。

[0049] 真空泵系统 88 包括真空泵 86、捕集器 84、自动压力控制器(APC)82。真空泵 86 例

如可以包括泵浦速度可达 20000 升每秒（及更大）的干燥真空泵。在处理过程中，可将气体经由气体注射系统 94 引入处理室 10，并可通过 APC 82 调节处理压力。捕集器 84 可从处理室 10 收集未反应的前驱体材料和副产物。

[0050] 工艺监测系统 92 包括能够实时进行工艺监测的传感器 75，并可以例如包括 MS 质谱仪和 FTIR 光谱仪。控制器 90 包括微处理器、存储器和数字 I/O 端口，数字 I/O 端口能够产生足以传达和激活处理系统的输入以及监测其输出的控制电压。而且，控制器 90 可与气体注射系统 94、电动机 28、工艺监测系统 92、加热器 20、15、65、70 和真空泵系统 88 相耦合，并与其交换信息。如同图 1 的控制器 124，控制器 90 可为 DELLPRECISION WORKSTATION 610™。

[0051] 图 7 示出了根据本发明的一种实施方式的处理设备的简化框图。处理设备 200 包括处理系统 220 和 230、被配置成用于在处理设备 200 内转移衬底的（自动）转移系统 210 以及被配置成用于控制处理设备 200 的控制器 240。在本发明的另一种实施方式中，处理设备 200 可包括单个处理系统，或者可包括多于两个的处理系统。在图 7 中，处理系统 220 和 230 可以例如进行至少一种下列过程：(a) 衬底预处理；(b) 在衬底上沉积含硅膜；(c) 确定衬底和其上沉积的含硅膜中的至少一个的性质；(d) 用含硅材料填充微构件。在 (a) 中，可例如进行预处理以从衬底表面去除杂质和 / 或氧化物薄膜（例如，天然氧化物膜或化学氧化物膜）。硅表面上的杂质或氧化物膜的存在可能抑制适当的硅种子层形成（成核），从而影响外延硅沉积。在一个实施例中，预处理可包括在约 500–1000℃（例如 900℃）下将衬底暴露于 H_2 气。在 (c) 中，膜性质可例如包括含硅膜的厚度和掺杂物水平。在 (d) 中，尽管深宽比高或开口尺寸小于 1000 埃，也可填充形成在衬底上的微构件。在本发明的一种实施方式中，过程 (a)–(d) 中的每一个可在不同的处理系统中进行。在本发明的另一种实施方式中，过程 (a)–(d) 中的至少两个在相同的处理系统中进行。在本发明的一种实施方式中，至少一个处理系统可包括批量式处理系统或单晶圆处理系统。在本发明的另一种实施方式中，至少一个处理系统可包括热处理系统、等离子体处理系统或原子层沉积系统。

[0052] 如同图 5 和 6 中的控制器，控制器 240 可为 DELL PRECISIONWORKSTATION 610™。此外，图 5–6 和 2 中的控制器可为通用计算机系统，例如图 9 中描述的通用计算机系统。

[0053] 在图 8 中，示出了工艺步骤流程图。工艺开始于步骤 400。在步骤 402 中，通过机械手或通过手将衬底放置在处理室中。应当注意，此时，微构件可以已经存在于衬底上，或者微构件可以在将衬底放入处理室之后形成。在步骤 406 中，衬底和微构件被暴露于 HCD 气体或另一种含氯硅前驱体。在步骤 408 中将含硅材料沉积在微构件内，然后在步骤 410 中终止该工艺。

[0054] 可以使用惰性气体作为液体形式的 HCD 的载气，或用于稀释 HCD 气体以减少化学反应在室环境中而非在衬底表面上或微构件内部发生。在本发明的另一种实施方式中，HCD 处理气体可包含 HCD 气体和可选的惰性气体以及含氢气体与第二含硅气体中的至少一种。含氢气体可以例如包含 H_2 。发现，向 HCD 气体添加 H_2 和 / 或 SiH_4 可提高硅沉积速率，而 B_2H_6 和 PH_3 的添加会影响电导率。第二含硅气体可例如选自 SiH_4 、 $SiCl_4$ 、 Si_2H_6 和 $SiCl_2H_2$ 。在本发明的另一种实施方式中，HCD 处理气体可包含 HCD 气体和掺杂气体，所述掺杂气体可例如选自含磷气体（例如 PH_3 ）、含砷气体（例如 AsH_3 ）、含氮气体（例如 NH_3 ）和含硼气体（例如 B_2H_6 和 BCl_3 ）。在本发明的另一种实施方式中，HCD 处理气体可包含含卤气体，所述含卤气体

可例如选自 HF 、 F_2 、 Cl_2 、 NF_3 和 HCl 。在本发明的另一种实施方式中, HCD 处理气体可包含 HCD 气体和含锗气体, 所述含锗气体可例如选自 GeH_4 和 GeCl_4 , 以沉积 SiGe 膜。此外, 可以使用 B_2H_6 。在另一种实施方式中, 微构件填充气体组合可包括: SiH_4 + HCl 、DCS、 SiCl_4 或 SiHCl_3 。

[0055] 在本发明的一种实施方式中, 图 8 中的流程图所示的沉积工艺还可包括在沉积含硅膜之前对衬底进行预处理。预处理工艺例如可从衬底材料(例如硅)基本上去除氧化物层(例如, 天然氧化物或热氧化物)以及其它界面杂质, 而这些氧化物或杂质可能抑制适当的硅种子层的形成(成核)、阻碍含硅膜在沉积表面上沉积、降低硅沉积的选择性并阻碍微构件的完全填充。在一个实施例中, 预处理可包括在 900°C 的衬底温度下将硅衬底暴露于 H_2 气。

[0056] 用于沉积含硅膜的工艺条件可以包括小于约 1Torr 的处理室压力。示例性的处理室压力可为约 0.1Torr, 该压力优选为约 0.2Torr。工艺条件还可包括约 $500\text{--}650^\circ\text{C}$ 、优选约 600°C 的衬底温度。在步骤 408 中, 由于 HCD 处理气体的分解而将含硅膜沉积在衬底上。

[0057] 可以通过直接实验和/或实验设计(DOE)来确定能够用含硅膜(具有期望的膜性质)填充微构件的合适工艺条件。可调节的工艺参数可例如包括衬底温度、处理压力、处理气体的类型和相对气体流量。如上所述, RCD 处理气体可例如包含 HCD 气体和可选的惰性气体以及含氢气体与第二含硅气体中的至少一种。HCD 气体的流率可例如为约 $5\text{--}1000\text{sccm}$, 惰性气体(如果存在)的流率可例如为约 $5\text{--}20000\text{sccm}$, 含氢气体的流率可例如为约 $5\text{--}5000\text{sccm}$, 第二含硅气体的流率可例如为约 $10\text{--}1000\text{sccm}$ 。

[0058] 在本发明的一种实施方式中, 处理温度为约 600°C , 处理压力为约 200mTorr, 处理气体为约 40sccm 的 HCD 和 40sccm 的 SiH_4 。

[0059] 使用 HCD 的典型沉积速率可能低于纯 SiH_4 的沉积速率, 典型的纯 SiH_4 的沉积速率为约 80 埃/分钟。纯 HCD 的沉积速率的量级为约 4 埃/分钟。例如, 对应于约 100% HCD 的处理气体, 沉积速率为约 4 埃/分钟。

[0060] 图 9 示出了可以用于执行本发明的实施方式的计算机系统 1201。计算机系统 1201 可用作图 5、6 或 7 的控制器, 或可用于这些图中的系统以实现上述的任意或全部功能的类似控制器。计算机系统 1201 包括总线 1202 或其它用于交换信息的交换机构, 以及与总线 1202 耦合的用于处理信息的处理器 1203。计算机系统 1201 还包括与总线 1202 耦合的用于存储处理器 1203 执行的信息和指令的主存储器 1204, 例如随机存储器(RAM)和其它动态存储设备(例如动态 RAM(DRAM)、静态 RAM(SRAM)和同步 DRAM(SDRAM))。此外, 在处理器 1203 执行指令过程中, 主存储器 1204 可用于存储临时变量或其它中间信息。计算机系统 1201 还包括与总线 1202 耦合的用于为处理器 1203 存储静态信息和指令的只读存储器(ROM) 1205 或其它静态存储设备(例如可编程 ROM(PROM)、可擦除 PROM(EPROM)和可电擦除 PROM(EEPROM))。

[0061] 计算机系统 1201 还包括与总线 1202 耦合以控制存储信息和指令的一个或多个存储设备的磁盘控制器 1206, 例如硬磁盘 1207 和可移动介质驱动器 1208(例如软盘驱动器、只读光盘驱动器、读/写光盘驱动器、磁带驱动器和可移动磁光驱动器)。存储设备可使用合适的设备接口(例如, 小型计算机系统接口(SCSI)、集成电子设备(IDE)、增强的 IDE(E-IDE)、直接存储器存取(DMA)或超 DMA)添加到计算机系统 1201。

[0062] 计算机系统 1201 还可包括特定用途的逻辑器件(例如专用集成电路(ASIC))或

可配置逻辑器件（例如简单可编程逻辑器件（SPLD）、复杂可编程逻辑器件（CPLD）和现场可编程门阵列（FPGA））。计算机系统还可包括一个或多个数字信号处理器（DSP），例如 Texas Instruments 的 TMS320 系列芯片、Motorola 的 DSP56000、DSP56100、DSP56300、DSP56600 和 DSP96000 系列芯片、Lucent Technologies 的 DSP1600 和 DSP3200 系列或者 Analog Devices 的 ADSP2100 和 ADSP21000 系列。也可以使用其它特别为处理模拟信号设计但已经转而用于数字领域的处理器。

[0063] 计算机系统 1201 还可包括与总线 1202 耦合以控制用于向计算机用户显示信息的显示器 1210（例如阴极射线管（CRT））的显示控制器 1209。计算机系统包括输入设备，例如键盘 1211 和定位设备 1212，用于与计算机用户互动并向处理器 1203 提供信息。定位设备 1212 例如可以是鼠标、轨迹球或定位杆，用于将方向信息和命令选择传达至处理器 1203 并控制显示器 1210 上的光标运动。此外，打印机可以提供存储在计算机系统 1201 中和 / 或由计算机系统 1201 生成的数据列表。

[0064] 响应于处理器 1203 执行包含在存储器（例如主存储器 1204）中的一个或多个指令的一个或多个序列，计算机系统 1201 运行本发明的部分或全部处理步骤。这样的指令可以从另外的计算机可读介质（例如硬盘 1207 或可移动介质驱动器 1208）读入主存储器 1204。还可以使用以多处理器布置的一个或多个处理器来执行包含在主存储器 1204 中的指令序列。在其它实施方式中，可用硬连线电路取代软件指令或与其组合使用。因此，本发明的实施方式并不限于硬件电路和软件的具体组合。

[0065] 如上所述，计算机系统 1201 包括至少一种计算机可读介质，用于保存根据本发明的教导编程的指令以及容纳本文所述的数据结构、表格、记录或其它数据。计算机可读介质的例子是高密度磁盘、硬盘、软盘、磁带、磁光盘、PROM（EPROM、EEPROM、快速 EPROM）、DRAM、SRAM、SDRAM、或任何其它磁性介质、光盘（例如 CD-ROM）、或任何其它光学介质、穿孔卡、纸质磁带、或其它具有图案化孔的物理介质、载波（下面描述）、或任何其它计算机可以读取的介质。

[0066] 本发明包括存储在任意一种计算机可读介质上或计算机可读介质的组合上的软件，用于控制计算机系统 1201、驱动实施本发明的设备并使计算机系统 1201 能够与用户（例如印刷生产人员）互动。这样的软件包括但不限于，设备驱动、操作系统、开发工具和应用软件。这样的计算机可读介质还包括本发明的计算机程序产品，用于运行实现本发明的处理的全部或部分（如果处理为分布式）。

[0067] 本发明的计算机编码设备可以是任何可编译或可执行的编码机制，包括但不限于，脚本、可编译程序、动态链接库（DLL）、Java 类和完全可执行程序。而且，可以分布式进行本发明的处理，以获得更好的性能、可靠性和 / 或成本。

[0068] 本文所用术语“计算机可读介质”是指参与向处理器 1203 提供用于执行的指令的任何介质。计算机可读介质可以具有多种形式，包括但不限于，非易失性介质、易失性介质和传输介质。非易失性介质包括例如光盘、磁盘和磁光盘，例如硬盘 1207 或可移动介质驱动器 1208。易失性介质包括动态存储器，例如主存储器 1204。传输介质包括同轴电缆、铜导线和光纤，包括构成总线 1202 的导线。传输介质还可以具有声波或光波的形式，例如在无线电波和红外数据通信过程中产生的那些。

[0069] 可使用各种形式的计算机可读介质来运行一个或多个到处理器 1203 的用于执行

的指令的一个或多个序列。例如,指令可以最初在远程计算机的磁盘上运行。远程计算机可以将用于实施全部或部分本发明的指令装入动态存储器,并利用调制解调器在电话线上传送该指令。计算机系统 1201 本地的调制解调器可以接收电话线上的数据,并用红外传输器将该数据转化为红外信号。与总线 1202 耦合的红外检测器可以接收红外信号中传送的数据,并将该数据置于总线 1202 上。总线 1202 将该数据传送至主存储器 1204,处理器 1203 从主存储器 1204 取得并执行指令。在处理器 1203 执行之前或之后,主存储器 1204 接收的指令可以可选地存储在存储设备 1207 或 1208 上。

[0070] 计算机系统 1201 还包括与总线 1202 耦合的通信接口 1213。通信接口 1213 提供了耦合至网络链路 1214 的双向数据通信,所述网络链路 1214 例如与局域网 (LAN) 1215 相连或与另外的通信网络 1216 (例如互联网) 相连。例如,通信接口 1213 可以是与任何包交换 LAN 连接的网络接口卡。作为另一个例子,通信接口 1213 可以是非对称数字用户线路 (ADSL) 卡、集成服务数字网络 (ISDN) 卡或调制解调器,以向相应类型的通信线路提供数据通信连接。也可以使用无线链路。在任何这样的实施方式中,通信接口 1213 发送和接收传送代表各种信息的数字数据流的电信号、电磁信号或光信号。

[0071] 网络链路 1214 通常通过一个或多个网络向其它数据设备提供数据通信。例如,网络链路 1214 可以通过局部网络 1215 (例如 LAN) 或通过由服务提供商 (其通过通信网络 1216 提供通信服务) 操作的装置与其它计算机连接。局部网络 1214 和通信网络 1216 使用例如传送数字数据流的电信号、电磁信号或光信号以及相关的物理层 (例如 CAT 5 电缆、同轴电缆、光纤等)。通过各种网络的信号以及在网络链路 1214 上且通过通信接口 1213 的信号可以是基带信号或基于载波的信号,这些信号将数字数据传入或传出计算机系统 1201。基带信号作为描述数字数据比特流的未调制电信号传送,其中术语“比特”应被广泛地理解为是指符号,其中每个符号传送至少一个或多个信息比特。数字数据还可用于调制载波,例如用在导电介质上传播或作为电磁波通过传播介质传输的幅移、相移和 / 或频移键控信号。因此,数字数据可作为未调制的基带数据通过“有线”通信通道发送,和 / 或通过调制载波在不同于基带的预定频带内发送。计算机系统 1201 可通过网络 1215 和 1216、网络链路 1214 和通信接口 1213 传输和接收数据 (包括程序代码)。而且,网络链路 1214 可通过 LAN 1215 与移动设备 1217 (例如个人数字助理 (PDA) 便携式计算机或蜂窝电话) 相连。

[0072] 尽管上面详细描述了本发明的特定实施方式,但是本领域的技术人员应当容易理解,在不实质性地脱离本发明的新颖教导和优点的前提下,在示例性实施方式中可以存在很多改进。因此,所有这样的改进均包含在本发明的范围内。

深宽比 = D/W

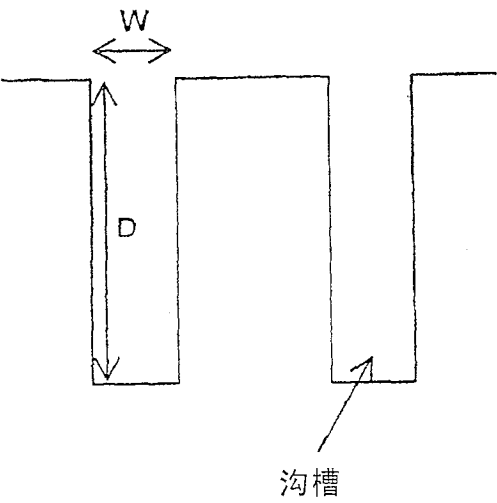


图 1

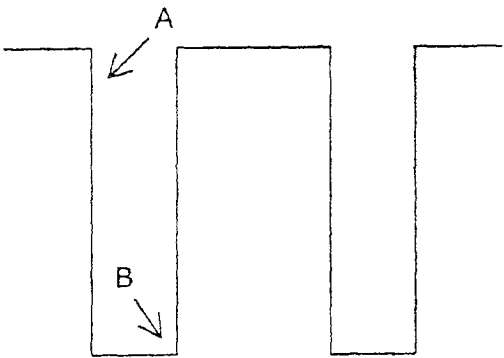


图 2

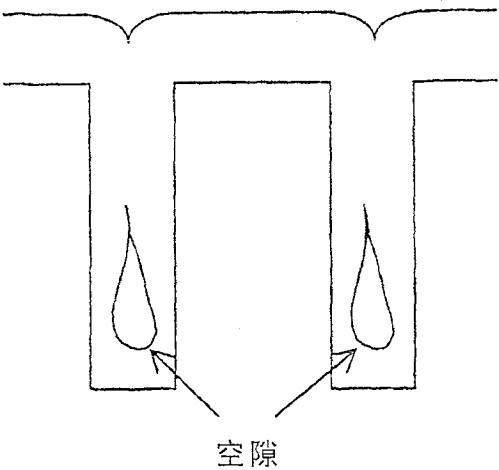


图 3

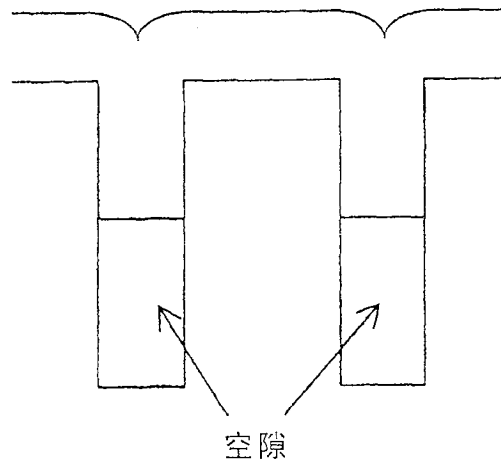


图 4

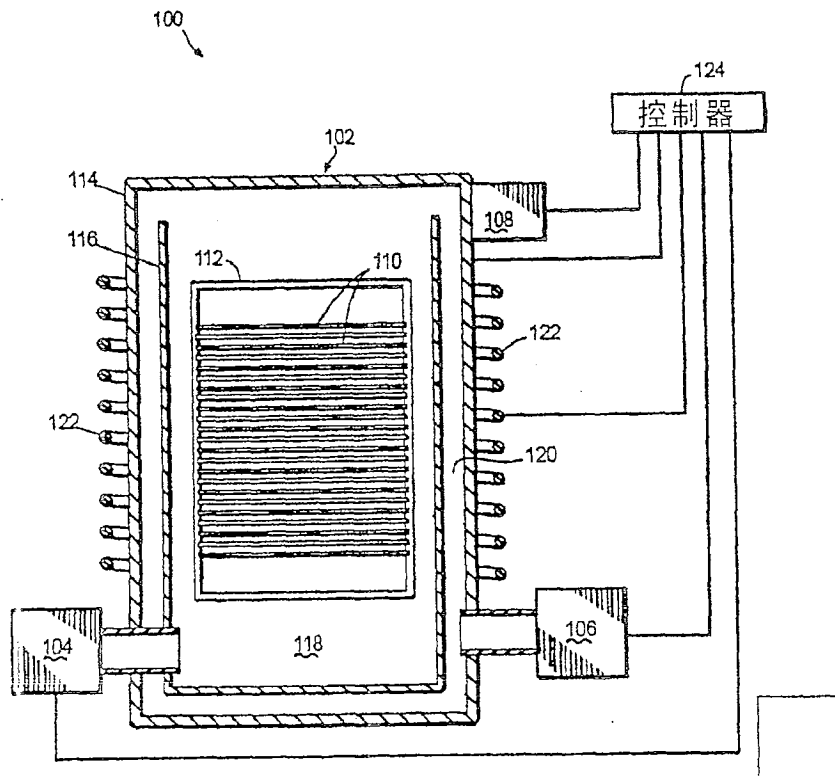


图 5

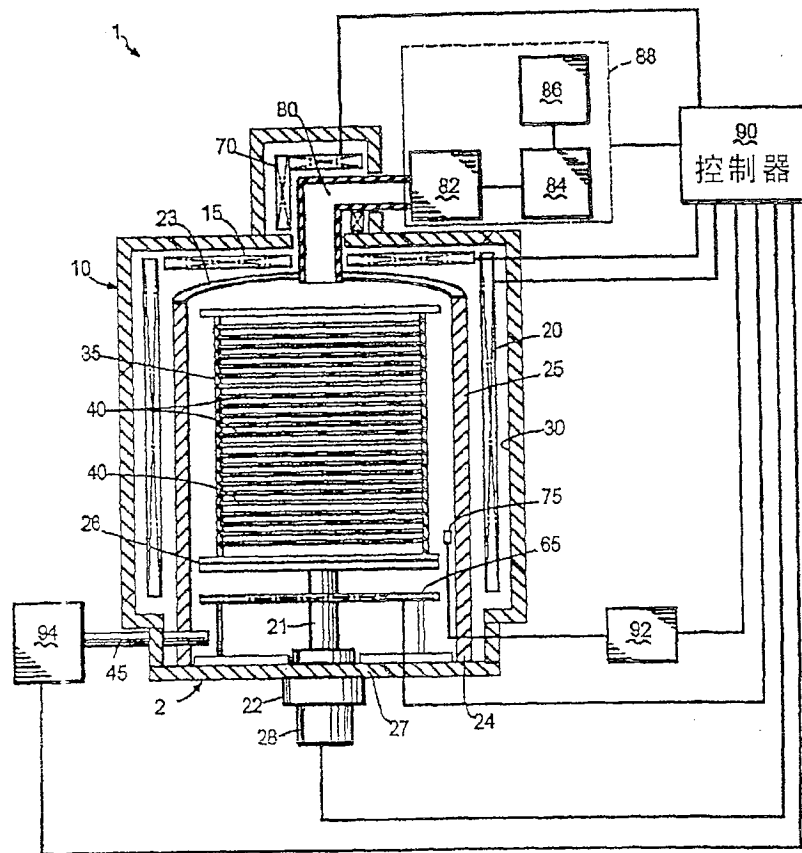


图 6

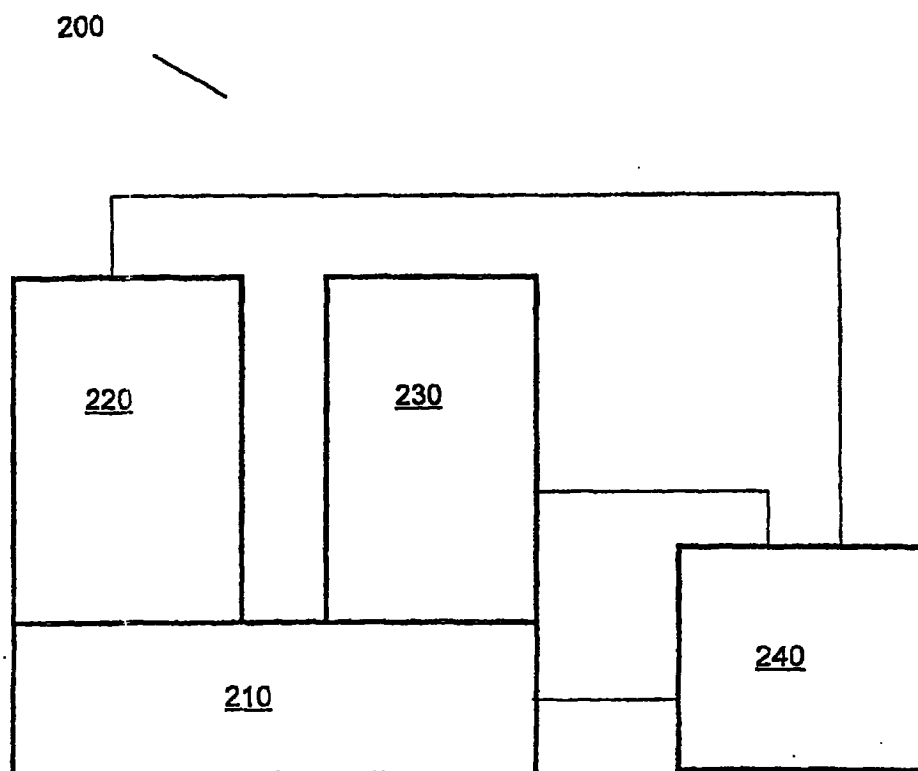


图 7

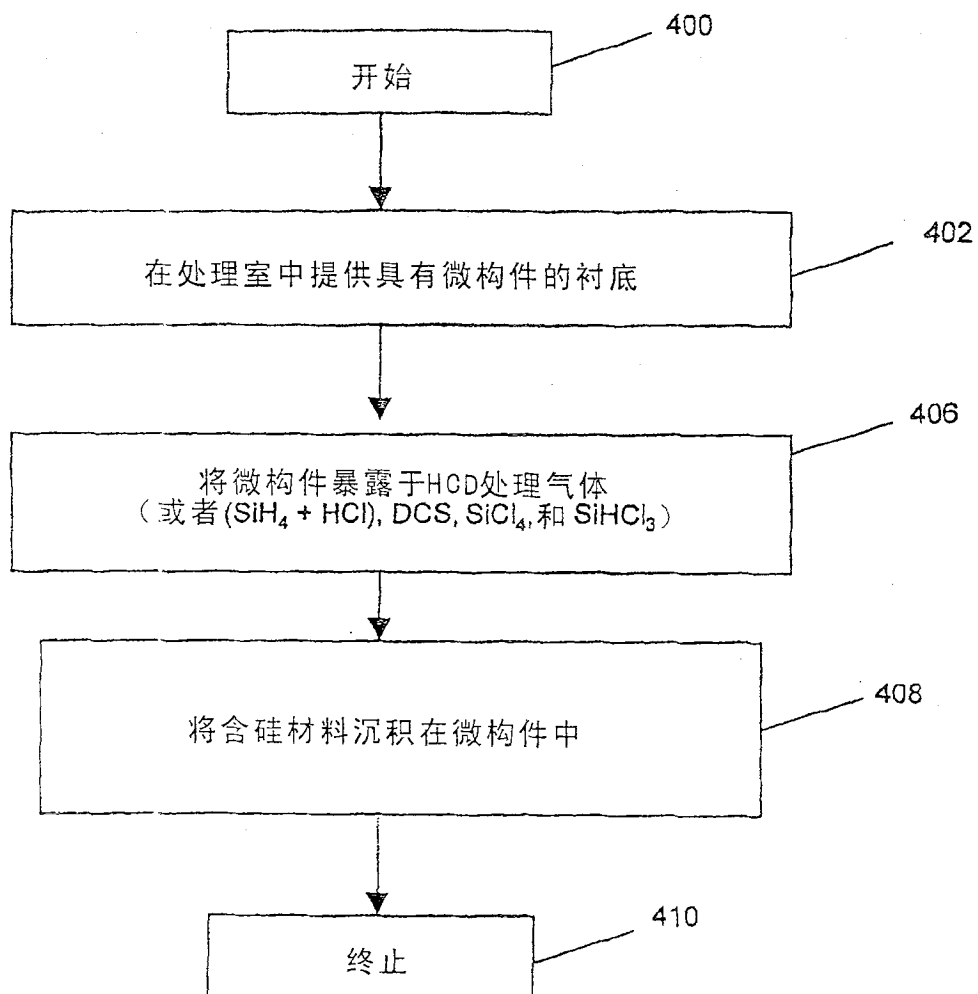


图 8

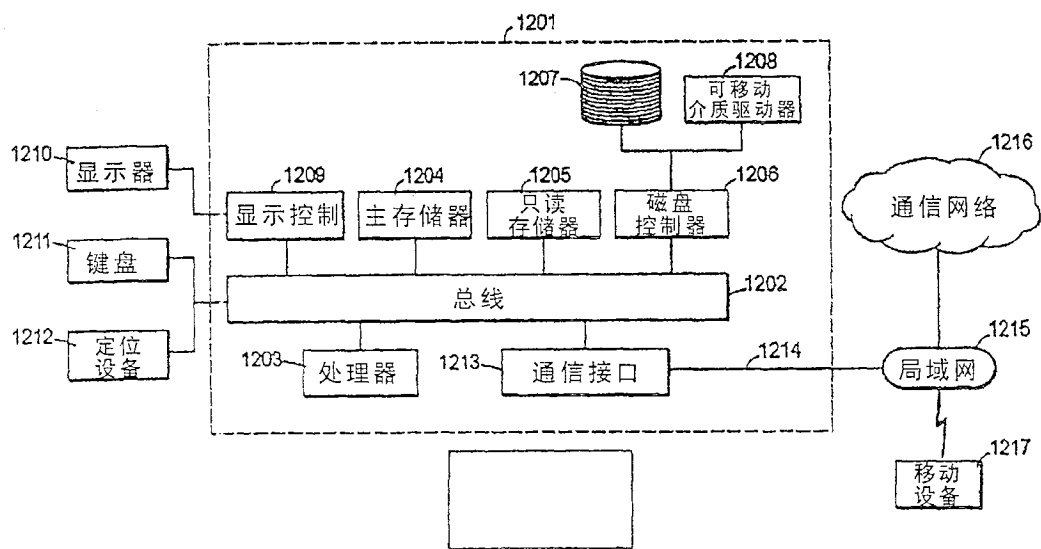


图 9