

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610116845.2

[51] Int. Cl.

C23C 16/513 (2006.01)

C23C 16/448 (2006.01)

C23C 16/52 (2006.01)

H01L 21/205 (2006.01)

H01L 21/365 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100575548C

[22] 申请日 2006.9.30

[21] 申请号 200610116845.2

[73] 专利权人 中芯国际集成电路制造(上海)有限公司

地址 201203 上海市浦东新区张江路 18 号

[72] 发明人 冯 明 杨海涛 平延磊

[56] 参考文献

US5554418A 1996.9.10

CN1377062A 2002.10.30

US20040245091A1 2004.12.9

审查员 张 辉

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

代理人 逯长明

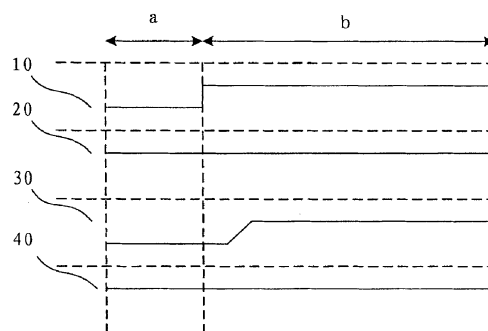
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称

高密度等离子体化学气相淀积方法

[57] 摘要

一种高密度等离子体化学气相淀积方法，通过向反应室中通入淀积气体进行淀积反应；所述淀积气体包括第一反应气体、第二反应气体、氦气及氢气，所述第二反应气体及氦气在淀积反应开始之前已通入所述反应室中；所述氢气在所述第一反应气体之后通入反应室。通过控制氢气的通入时间，即将氢气的通入时间控制在第一反应气体通入之后，继而控制反应进程，抑制了微粒缺陷的产生；此外，通过控制氢气的通入过程，即控制氢气使其缓慢通入，使得反应室可平稳地补充缓冲气体，使淀积反应过程可进行得更为均匀。



1. 一种高密度等离子体化学气相淀积方法，通过向反应室中通入淀积气体进行淀积反应；所述淀积气体包括第一反应气体、第二反应气体、氮气及氢气，所述第一反应气体、所述第二反应气体反应生成淀积薄膜，所述第二反应气体及氮气在淀积反应开始之前已通入所述反应室中；其特征在于：所述氢气在所述第一反应气体之后或同时通入反应室。

2. 根据权利要求1所述的高密度等离子体化学气相淀积方法，其特征在于：所述第一反应气体包含硅烷、硅烷与磷化氢组成的混合气体或硅烷与氟化硅组成的混合气体；所述第二反应气体包含臭氧、氧气、一氧化二氮、二氧化碳气体材料中的一种或其组合。

3. 根据权利要求1所述的高密度等离子体化学气相淀积方法，其特征在于：所述反应室内氮气和氢气的浓度比范围为1: 2~2: 1。

4. 根据权利要求1或3所述的高密度等离子体化学气相淀积方法，其特征在于：所述反应室内氮气和氢气的浓度比为4: 3。

5. 根据权利要求1所述的高密度等离子体化学气相淀积方法，其特征在于：所述氢气与所述第一反应气体通入反应室的间隔时间小于或等于所述淀积反应持续时间的十分之一。

6. 根据权利要求1或5所述的高密度等离子体化学气相淀积方法，其特征在于：所述氢气与所述第一反应气体通入反应室的间隔时间小于或等于5秒。

7. 根据权利要求6所述的高密度等离子体化学气相淀积方法，其特征在于：所述氢气在通入反应室后的初始阶段流量逐步增加。

8. 根据权利要求7所述的高密度等离子体化学气相淀积方法，其特征在于：所述氢气流量逐步增加过程持续的时间小于或等于所述淀积反应持续时间的十分之一。

9. 根据权利要求8所述的高密度等离子体化学气相淀积方法，其特征在于：所述氢气流量逐步增加过程持续的时间小于或等于3秒。

## 高密度等离子体化学气相沉积方法

### 技术领域

本发明涉及集成电路制造技术领域，特别涉及一种高密度等离子体化学气相沉积方法。

### 背景技术

随着集成电路特征尺寸向65纳米乃至更精细的结构发展，对缝隙（Seam）的填充，特别是对具有高深宽比的缝隙的填充提出了更高的要求，部分器件中缝隙的深宽比达到了4:1甚至更高，这对填充工艺而言是个巨大的挑战。

高密度等离子体化学气相沉积（HDPCVD）由于可在较低沉积温度下，制备出能够填充具有高深宽比（定义为缝隙的深度和宽度的比值）缝隙的膜，而在当前的实际生产中有广泛应用。

通常，HDPCVD反应室内除反应气体外，还需适当地通入缓冲气体，用以稀释反应气体的浓度，从而增加沉积反应的均匀性。现行的缓冲气体通常为氦气（He）或氩气（Ar），随着集成电路器件密集程度的增加，沉积的膜越来越薄，导致为获得均匀的沉积效果，对反应的均匀程度要求越来越高，即要求缓冲气体的粒子尺寸越来越小。因此，当集成电路器件的特征尺寸降至90纳米以下后，通常采用氦气（He）和氢气（H<sub>2</sub>）的混合气体作为缓冲气体。

然而，实际生产发现，应用氦气（He）和氢气（H<sub>2</sub>）的混合气体作为缓冲气体时，在沉积薄膜表面易形成沉积粒子，对此沉积粒子进行成分分析后，可知，此沉积粒子与沉积薄膜材料相同，由此，此沉积粒子通常被认为是沉积反应在硅片表面上方较高区域发生而造成的，即沉积材料在形成沉积物颗粒后才落入沉积薄膜内，形成沉积薄膜微粒缺陷。此微粒缺陷在后续清洗过程或研磨过程中可能被去除，继而在沉积薄膜表面形成空洞或针孔。

此空洞或针孔对集成电路器件可能造成的影响包括：位于浅沟槽隔离区中的空洞或针孔，若在后续过程中有导电材料微粒落入，易引发浅沟槽隔离区隔离失效，继而增加浅沟槽隔离区漏电流，严重时甚至引发集成电路器件失效；层间介质层中的空洞或针孔，易引发通孔间互连，继而影响集成电路器件电气性能。由此，如何抑制HDPCVD过程中表面微粒的产生成为本领域技术人员亟待解决的问题。

申请号为“200310122688.2”和“01110196.2”的中国专利申请中均提供了一种减少微粒的方法，前者用以减少低压化学气相淀积过程中的微粒物质污染；后者用以减少等离子体刻蚀工艺所致的微粒物质污染。两种方法都是通过及时抽离反应副产物，避免其掉落在晶片表面，以减少晶片表面微粒的产生，而并没有从根本上抑制反应物微粒的生成。

考虑到，应用现行工艺，只是在改变通入反应室中的缓冲气体成分后，才产生了表面微粒缺陷，而缓冲气体成分的改变只是将原有的氦气（He）变更为氦气（He）和氢气（H<sub>2</sub>）的混合气体，又由于氢气具有相对较高的活性，因此，对氢气的通入过程及通入时间进行控制将对HDPCVD反应的进行产生重要影响。由此，通过控制氢气的通入过程及通入时间以改善HDPCVD反应的均匀性，成为抑制HDPCVD微粒缺陷的产生的工艺改进的一个指导方向。

### 发明内容

本发明提供了一种高密度等离子体化学气相淀积方法，可在淀积过程中抑制微粒缺陷的产生，进而改善集成电路电性能。

本发明提供的一种高密度等离子体化学气相淀积方法，通过向反应室中通入淀积气体进行淀积反应；所述淀积气体包括第一反应气体、第二反应气体、氦气及氢气，所述第二反应气体及氦气在淀积反应开始之前已通入所述反应室中；所述氢气在所述第一反应气体之后通入反应室。

所述第一反应气体包含硅烷、硅烷与磷化氢组成的混合气体或硅烷与氟化硅组成的混合气体；所述第二反应气体包含臭氧、氧气、一氧化二氮、二氧化碳等气体材料中的一种或其组合；所述反应室内氦气和氢气的浓度比范围为 1: 2 ~ 2: 1；所述反应室内氦气和氢气的浓度比为 4: 3；所述氢气与所述第一反应气体通入反应室的间隔时间小于或等于所述淀积反应持续时间的十分之一；所述氢气与所述第一反应气体通入反应室的间隔时间小于或等于 5 秒；所述氢气与所述第一反应气体同时通入反应室；所述氢气在通入反应室后的初始阶段流量逐步增加；所述氢气流量逐步增加过程持续的时间小于或等于所述淀积反应持续时间的十分之一；所述氢气流量逐步增加过程持续的时间小于或等于 3 秒。

与现有技术相比，本发明具有以下优点：

1. 通过控制氢气的通入时间，即将氢气的通入时间控制在第一反应气体通入之后，继而控制反应进程，抑制了微粒缺陷的产生；

2. 通过控制氢气的通入过程，即控制氢气使其缓慢通入，使得反应室可平稳地补充缓冲气体，使淀积反应过程可进行得更为均匀；

3. 通过抑制微粒缺陷的产生，可减少淀积膜表面空洞或针孔的产生，进而改善浅沟槽隔离区漏电流，并减少通孔间的短路，优化集成电路器件性能。

## 附图说明

图 1 为说明现有方法的反应气体通入时间时序示意图；

图 2 为说明本发明方法第一实施例的反应气体通入时间时序示意图；

图 3 为说明本发明方法第二实施例的反应气体通入时间时序示意图。

## 具体实施方式

尽管下面将参照附图对本发明进行更详细的描述，其中表示了本发明的优选实施例，应当理解本领域技术人员可以修改在此描述的本发明而仍然实现本发明的有利效果。因此，下列的描述应当被理解为对于本领域技术人员的广泛教导，而并不作为对本发明的限制。

为了清楚，不描述实际实施例的全部特征。在下列描述中，不详细描述公知的功能和结构，因为它们会使本发明由于不必要的细节而混乱。应当认为在任何实际实施例的开发中，必须做出大量实施细节以实现开发者的特定目标，例如按照有关系统或有关商业的限制，由一个实施例改变为另一个实施例。另外，应当认为这种开发工作可能是复杂和耗费时间的，但是对于具有本发明优势的本领域技术人员来说仅仅是常规工作。

在下列段落中参照附图以举例方式更具体地描述本发明。根据下列说明和权利要求书本发明的优点和特征将更清楚。需说明的是，附图均采用非常简化的形式且均使用非精准的比率，仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

应用本发明提供的方法进行高密度等离子体化学气相淀积的步骤主要包括：首先，将氢气的通入时间控制在第一反应气体通入之后，以控制反应进程，抑制微粒缺陷的产生；继而，控制氢气使其缓慢通入，使得反应室可平稳地补充缓冲气体，使淀积反应过程可进行得更为均匀；最后，继续进行后续淀积过程。

作为本发明的实施例，将本发明提供的方法应用于浅沟槽隔离区氧化物的填充过程中。

淀积浅沟槽隔离区氧化物材料通常为二氧化硅 ( $\text{SiO}_2$ )，所需的反应气体包含第一反应气体和第二反应气体，所述第一反应气体包含硅烷 ( $\text{SiH}_4$ )，所述第二反应气体包含氧气 ( $\text{O}_2$ )、一氧化二氮 ( $\text{N}_2\text{O}$ ) 或二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ )；为增强反应进行的均匀程度，还需通入氮气和氢气的混合气体作为缓冲气体。

实际生产过程中，为满足工艺要求，反应室中应随时保持所述第二反应气体 20 和缓冲气体中的氮气 40 在一定浓度，而所述第一反应气体 10 和缓冲气体中的氢气 30 只为淀积反应的进行而通入。反应室内缓冲气体氮气 40 和氢气 30 的浓度比范围为 1: 2 ~ 2: 1，优选为 4: 3。

图 1 为说明现有方法的反应气体通入时间时序示意图，如图 1 所示，以高低曲线表示反应过程中各种气体的状态，高位曲线表示气体已通入反应室，低位曲线表示气体还未通入反应室，曲线的横轴代表淀积反应进行的时间。

所述第一反应气体 10 在通入反应室之前通常需要经过一气流平衡 (divert) 步骤，即为保证所述第一反应气体 10 在实际通入反应室时具有稳定的流量及清空通入管道内的杂质，初始阶段由气源释放的第一反应气体 10 会通过设置于反应室气体入口处附近的排出管道排出，流量稳定后方可通入反应室中，开始淀积过程。

现有方法中，氢气 30 与第一反应气体 10 同时从对应气源处被释放，而氮气 40 无需上述气流平衡步骤，即在氢气 30 与第一反应气体 10 从对应气源处被释放的初始阶段，第一反应气体 10 需经历上述气流平衡步骤，而氢气 30 被直接通入反应室。图 1 所示曲线中，a 段持续时间为第一反应气体的气流平衡步骤所需的时间，如上所述，在此段时间内，用低位曲线表示所述第一反应气体 10 通入状态，用高位曲线表示所述第二反应气体 20 及缓冲气体氮气 40 和氢气 30 的通入状态。b 段持续时间代表淀积过程进行的时间，用高位曲线表示反应室内各气体的状态。

作为本发明的实施例，为抑制微粒缺陷的产生，将氢气 30 通入反应室的时间控制在第一反应气体 10 通入反应室之后，以控制反应进程；即在第一反应气体 10 经历上述气流平衡步骤后，再从气源处释放氢气 30，将其通入反应室。图 2 为说明本发明方法第一实施例的反应气体通入时间时序示意图，如

图 2 所示, a 段持续时间为第一反应气体 10 的气流平衡步骤所需的时间, 在此段时间内, 用低位曲线表示所述第一反应气体 10 和缓冲气体中氢气 30 的通入状态, 用高位曲线表示所述第二反应气体 20 及缓冲气体中氮气 40 的通入状态。

所述将氢气 30 通入反应室的时间控制在第一反应气体 10 通入反应室之后, 包括控制氢气在流量稳定的第一反应气体 10 通入反应室后间隔一定时间再通入反应室中。

所述氢气 30 与流量稳定的第一反应气体 10 通入反应室的间隔时间小于或等于淀积反应持续时间的十分之一。所述淀积反应持续时间根据工艺条件及产品要求确定。作为本发明的实施例, 所述淀积反应持续时间范围为: 50~200 秒(s), 所述氢气 30 与流量稳定的第一反应气体 10 通入反应室的间隔时间小于或等于 5s。

随后, 向反应室中通入氢气 30, 并控制氢气的通入过程, 使得反应室可平稳地补充缓冲气体, 进而使淀积反应过程可进行得更为均匀。b 段持续时间代表淀积过程进行的时间, 用高位曲线表示反应室内各气体的状态。

所述控制氢气 30 的通入过程的方法为在通入氢气 30 的初始阶段逐步增加氢气的流量。如图 2 中氢气 b 段曲线前段所示。所述氢气流量逐渐增加过程持续的时间小于或等于淀积反应持续时间的十分之一。作为本发明的实施例, 所述淀积反应持续时间范围为: 50~200 秒(s), 所述氢气 30 与流量稳定的第一反应气体 10 通入反应室的间隔时间小于或等于 3s。

最后, 继续进行后续淀积过程。

作为本发明的第二实施例, 图 3 为说明本发明方法第二实施例的反应气体通入时间时序示意图, 如图 3 所示, 控制氢气 30 的通入时间, 使其与经历气流平衡步骤后流量稳定的第一反应气体 10 同时通入; 随后, 可将氢气 30 以设定流量直接通入。a 段持续时间为第一反应气体 10 的气流平衡步骤所需的时间, 在此段时间内, 用低位曲线表示所述第一反应气体 10 和缓冲气体中氢气 30 的通入状态, 用高位曲线表示所述第二反应气体 20 及缓冲气体中氮气 40 的通入状态。b 段持续时间代表淀积过程进行的时间, 用高位曲线表示反应室内各气体的状态。

作为本发明的实施例,本发明提供的方法可应用于层间介质层(IMD/ILD)的淀积过程中。

层间介质层材料通常为二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )、氟硅玻璃(FSG)或磷硅玻璃(PSG)等,所需的反应气体包含第一反应气体和第二反应气体,所述第一反应气体包含硅烷( $\text{SiH}_4$ )、硅烷( $\text{SiH}_4$ )与磷化氢( $\text{PH}_3$ )组成的混合气体或氟化硅( $\text{SiF}_4$ )组成的混合气体,所述第二反应气体包含臭氧( $\text{O}_3$ )、氧气( $\text{O}_2$ )、一氧化二氮( $\text{N}_2\text{O}$ )、二氧化碳( $\text{CO}_2$ )等;为增强反应进行的均匀程度,还需通入氮气和氢气的混合气体作为缓冲气体。

作为本发明的第三实施例,所述氢气在流量稳定的硅烷通入反应室后间隔一定时间再通入反应室中。

所述氢气与流量稳定的硅烷通入反应室的间隔时间小于或等于淀积反应持续时间的十分之一。所述淀积反应持续时间根据工艺条件及产品要求确定。作为本发明的实施例,所述淀积反应持续时间范围为:50~200秒(s),所述氢气30与流量稳定的第一反应气体10通入反应室的间隔时间小于或等于5s。

所述控制氢气的通入过程的方法为在通入氢气的初始阶段逐步增加氢气的流量。所述氢气流量持续增加过程持续的时间小于或等于淀积反应持续时间的十分之一。作为本发明的实施例,所述淀积反应持续时间范围为:50~200秒(s),所述氢气30与流量稳定的第一反应气体10通入反应室的间隔时间小于或等于3s。

显然,控制氢气的通入时间和通入过程,即采用所述氢气与经历气流平衡步骤后流量稳定的第一反应气体10同时通入;且所述氢气以设定流量直接通入的方式通入反应室,可作为本发明的第四实施例。

同时,所述氢气与经历气流平衡步骤后流量稳定的第一反应气体10同时通入;且以逐步增加流量的方式通入氢气,可作为本发明的第五实施例;此外,所述氢气在流量稳定的第一反应气体10通入反应室后间隔一定时间再通入反应室中,且所述氢气以设定流量直接通入的方式通入反应室,可作为本发明的第六实施例。

需强调的是,所述HDPCVD过程中涉及的具体工艺可采用任何传统的方法,涉及的技术方案在任何情况下均未被视作本发明的组成部分,在此不再赘述。



采用本发明方法，通过控制氢气的通入时间，即将氢气的通入时间控制在第一反应气体通入之后，继而控制反应进程，抑制了微粒缺陷的产生；通过控制氢气的通入过程，即控制氢气使其缓慢通入，使得反应室可平稳地补充缓冲气体，使淀积反应过程可进行得更为均匀；通过抑制微粒缺陷的产生，可减少淀积膜表面空洞或针孔的产生，进而改善浅沟槽隔离区漏电流，并减少通孔间的短路，优化集成电路器件性能。

尽管通过在此的实施例描述说明了本发明，和尽管已经足够详细地描述了实施例，申请人不希望以任何方式将权利要求书的范围限制在这种细节上。对于本领域技术人员来说另外的优势和改进是显而易见的。因此，在较宽范围的本发明不限于表示和描述的特定细节、表达的设备和方法 and 说明性例子。因此，可以偏离这些细节而不脱离申请人总的发明概念的精神和范围。

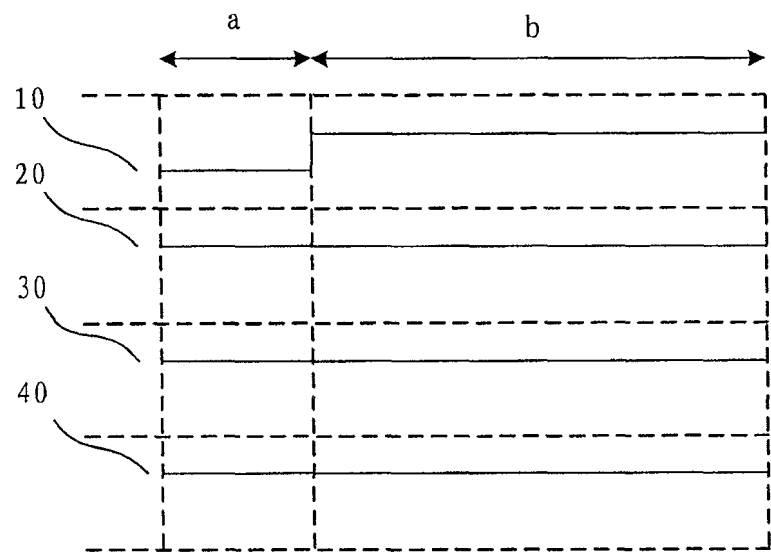


图 1

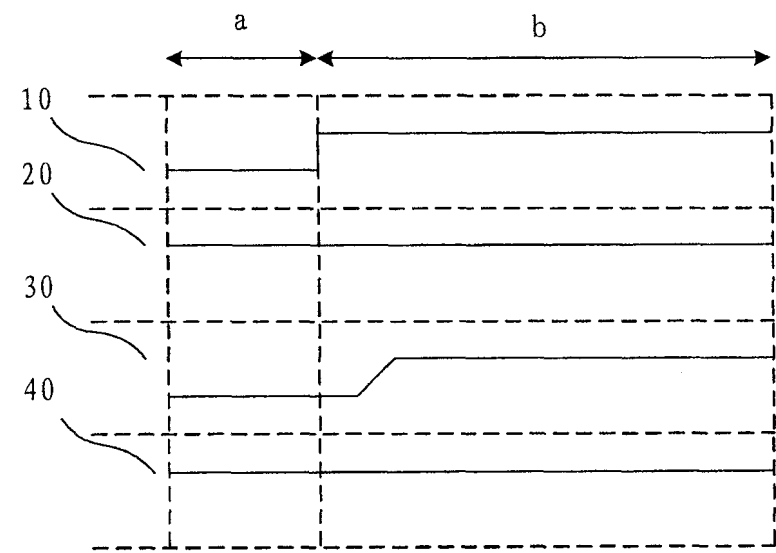


图 2

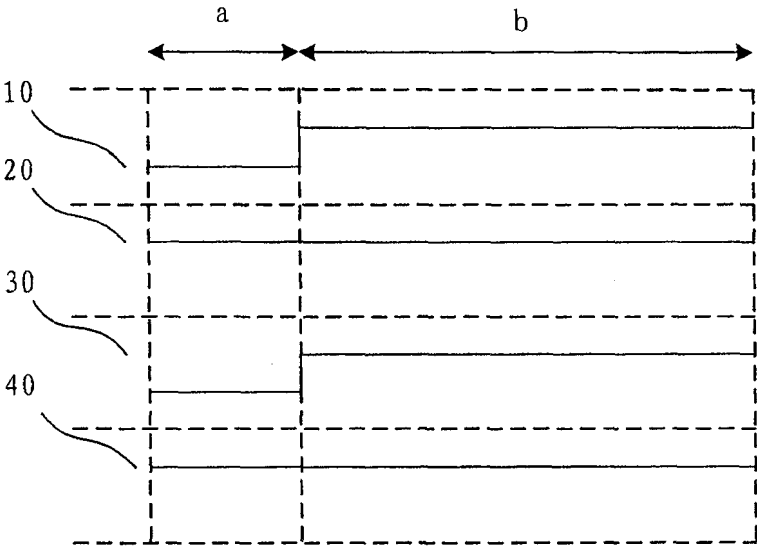


图 3