

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 21/316 (2006.01)

C23C 16/44 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510029401.0

[45] 授权公告日 2009年8月19日

[11] 授权公告号 CN 100530563C

[22] 申请日 2005.9.2

[21] 申请号 200510029401.0

[73] 专利权人 上海集成电路研发中心有限公司

地址 201203 上海市张江高科技园区碧波路177号华虹科技园4楼

共同专利权人 上海华虹(集团)有限公司

[72] 发明人 胡正军

[56] 参考文献

CN1505694A 2004.6.16

US5000113A 1991.3.19

CN1231063A 1999.10.6

JP9-115917A 1997.5.2

审查员 李晓明

[74] 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

代理人 王洁

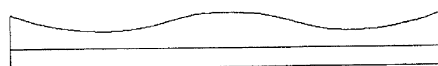
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

[54] 发明名称

一种可改善化学机械研磨前薄膜均匀性的工艺方法

[57] 摘要

本发明属于半导体集成电路制造工艺技术领域，具体涉及到一种可改善CMP(化学机械研磨)前薄膜均匀性的工艺。通过调节HDP CVD淀积时的淀积参数，并将HDP CVD和TEOS PECVD之后的薄膜叠加，从而有效地改善了CMP之前的薄膜均匀性。



- 1、一种可改善化学机械研磨前薄膜均匀性的工艺方法，其特征在于：包括以下步骤：
  - 1) 用高密度等离子体辅助化学气相淀积二氧化硅，调整高密度等离子体辅助化学气相淀积的腔体侧壁和顶端的硅烷流量淀积参数，其中，腔体顶端的  $\text{SiH}_4$  在原有的基础上减少的流量与侧壁的  $\text{SiH}_4$  在原有的基础上增加的流量相等；
  - 2) 以四乙基原硅酸盐为前驱体采用等离子体辅助化学气相淀积二氧化硅。
- 2、根据权利要求 1 所述的可改善化学机械研磨前薄膜均匀性的工艺方法，其特征在于：所述高密度等离子体辅助化学气相淀积的反应气体是  $\text{SiH}_4$ (硅烷)， $\text{O}_2$ (氧气)。
- 3、如权利要求 1 或 2 所述的可改善化学机械研磨前薄膜均匀性的工艺方法，其特征在于：所述第 1) 步的淀积参数包括：腔体顶端的  $\text{SiH}_4$  流量，侧壁的  $\text{SiH}_4$  流量，淀积气压，氧气流量，腔体顶端射频功率，侧壁射频功率和偏置射频功率，腔体顶端的  $\text{SiH}_4$  在原有的基础上减少的流量和侧壁的  $\text{SiH}_4$  在原有的基础上增加的流量均为 1-4sccm。
- 4、根据权利要求 3 所述的可改善化学机械研磨前薄膜均匀性的工艺方法，其特征在于：淀积气压为 5-10mT，氧气流量在 200-300sccm，腔体顶端射频功率为 3700-4300w，侧壁射频功率为 1500-2100w，偏置射频功率为 2600-3400w。

5. 根据权利要求 1 所述的可改善化学机械研磨前薄膜均匀性的工艺方法,其特征在于所述工艺方法的应用范围可为采用铝作为互连金属。

## 一种可改善化学机械研磨前薄膜均匀性的工艺方法

### 技术领域

本发明属于半导体集成电路制造工艺技术领域，一种可改善 CMP（化学机械研磨）前薄膜均匀性的工艺。

### 背景技术

在传统的 Al(铝)互连技术中，金属 Al 在刻蚀后进行介质填充。在不同的工艺节点有不同的实现方法。早期，对于金属线间距 $>0.5\mu\text{m}$ ，高宽比 $<0.8$ ，比较典型的方法是淀积/溅射/淀积。首先是以 TEOS(四乙基原硅酸盐)为前驱体用 PECVD(等离子体辅助化学气相淀积)  $\text{SiO}_2$  (二氧化硅)，然后是 Ar (氩气)的溅射反刻使开口变大，然后是 TEOS 为前驱体的淀积填充 Al 条之间的空隙。随着技术的发展，对于对于金属线间距 $>0.35\mu\text{m}$ ，高宽比 $<2:1$ ，经常采用 PECVD/SACVD (等离子体辅助化学气相淀积/亚常压化学气相淀积) /PECVD 法，先是  $\text{SiO}_2$  的淀积，然后是 Ozone(臭氧)-TEOS 的 SACVD 淀积，由于 SACVD 有很好的填孔能力，但是 SACVD 制备的薄膜质量很差，具有对后续工艺不利的张应力，所以需第二次  $\text{SiO}_2$  的淀积，形成“三明治”结构。随着集成电路技术的发展，后道互连的尺寸也越来越小，当金属线间距小于  $0.25\mu\text{m}$  时，大多数已知的填孔方法都已不能满足。高密度等离子体化学气相淀积(HDP CVD)被引入来解决此技术问题。

高密度等离子体 (HDP)，其离化率是通常 PECVD 的 100 倍，约为 0.1

-10%，平均自由程较一般的 PECVD 长，并且淀积时气压非常低，是毫托 (mTorr) 级别。HDP CVD 和通常的 PECVD 相比，在腔体的主要区别之一在于：HDP CVD 不仅仅有电容耦合式的等离子体源，还有 ICP（电感耦合）方式的等离子体源来离化气体从而提高离化率。传统的 PECVD 在淀积时由于在金属线间的入射角比底部大，使得金属顶部的生长速度比底部快，在高宽比较大的情况下，会引起填孔能力不足，在金属线间形成空洞。HDP CVD 在进行淀积时有两个部分相结合而成：淀积，溅射。淀积就是依靠化学气体进行化学反应，诸如硅烷，氧气等。溅射是指离化的惰性气体离子在偏置电场的作用下获得能量轰击淀积在金属上的介质。对于 HDP CVD 此结构是这两个步骤在同一个腔体中进行的同时进行的，一边淀积，一边溅射，从而控制金属底部和头部的生长速度。淀积和溅射有一个比例，称之为 D/S 比。对于高宽比大的结构，通常采用较小的 D/S，也就是淀积的少，溅射的多。淀积后的薄膜在硅片的不同区域的厚度可能会不一样，通常对 8 英寸的硅片采用九点量测监控厚度，不同区域薄膜的厚度差越小则均匀性越好。对于 HDP CVD 来说，较小的 D/S 通常会使薄膜淀积后均匀性不好。HDP CVD 设备商一般是美国应用材料公司（Applied Materials）和美国诺发公司（Novellus）。

在通常的 Al 工艺中，在 Al 刻蚀完后，用 HDP CVD 进行 Gapfill（填缝），然后是用 TEOS[Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>]作为前驱体，采用 PECVD 淀积 SiO<sub>2</sub>。HDP CVD 淀积后，硅片表面依旧是“高低不平”，TEOS PECVD 一方面有对硅片表面进行平坦化，另一方面 TEOS PECVD 成本要比 HDP 便宜许多。TEOS PECVD 淀积后的薄膜有一个特性，那就是中间厚，两边薄。

TEOS 淀积后，紧接着是 CMP（化学机械研磨），CMP 之后就是 Via（通孔）的光刻和刻蚀

随着技术的发展，Via 的尺寸越来越小，在 0.18um 这个工艺节点中 Via 1(通孔 1) 通常是 0.25um 左右，采用 DUV(深紫外线)光刻。光刻里有一个重要的指标就是 DOF（聚焦深度），也就是整个光刻胶的分子，不论是在接近光刻胶表面部分还是在接近硅片部分，都能在聚焦深度，从而充分曝光。由于 DUV 光刻的聚焦深度较小，所以要求薄膜尽可能平，也即薄膜的均匀性要好。

Al 刻蚀后，经 HDP CVD 填孔，硅片表面会变得凹凸不平，TEOS PECVD 会对硅片有一定的平坦化的作用，然而对于光刻来讲是远远不够，需要采用 CMP 来对硅片表面进行全局性的研磨。通常来讲，CMP 之后薄膜的均匀性要比 CMP 前要差。因此，如果 CMP 前薄膜的均匀性很差，会直接导致 CMP 后薄膜的均匀性变差，从而使得光刻工艺难以控制。

薄膜均匀性不好的另一个问题是在 Via 刻蚀的时候。由于 Via 刻蚀采用 EPD(end point detect - 终点检出)很困难，通常采用的是刻蚀时间来控制刻蚀过程。如果刻蚀前薄膜的均匀性不好，有的地方厚，有的地方薄，会导致刻蚀过量或过少等问题。刻蚀过少，会使得通孔没有打开，使得上层和下层的金属无法连接，造成 Yield loss(成品率下降)。刻蚀过量，则会使在后续的钨淀积时， $WF_6$ （六氟化钨）和铝反应，使得可靠性受到影响，尤其是会使 Al 的电迁移特性恶化。

## 发明内容

本发明所要解决的技术问题在于提供一种可改善化学机械研磨前薄膜

均匀性的工艺方法，以提高 CMP 后薄膜的均匀性，提高产品的成品率。

本发明的技术方案为：

- 1) 用高密度等离子体辅助化学气相淀积(HDP CVD)二氧化硅，调整 HDP CVD 腔体侧壁和顶端的硅烷流量淀积参数，其中，腔体顶端的  $\text{SiH}_4$  在原有的基础上减少的流量与侧壁的  $\text{SiH}_4$  在原有的基础上增加的流量相等；
- 2) 以四乙基原硅酸盐为前驱体采用等离子体辅助化学气相淀积(PECVD)二氧化硅。

所述调整 HDP CVD 腔体侧壁和顶端的硅烷流量淀积参数包括：腔体顶端的  $\text{SiH}_4$  在原有的基础上减少 1-4sccm，侧壁的  $\text{SiH}_4$  在原有的基础上增加 1-4sccm，淀积气压为 5-10mT，氧气流量在 200-300sccm，腔体顶端射频功率为 3700-4300w，侧壁射频功率为 1500-2100w，偏置射频功率为 2600-3400w。

本发明的技术效果是，与现有技术相比，由于对 HDP CVD 的淀积参数进行调整，从而使得以 TEOS 为前驱体采用 PECVD 的二氧化硅薄膜相匹配，保证了 CMP 前薄膜中间和外圈厚度的一致性，改善了 CMP 前薄膜的均匀性，从而为 CMP 化学机械研磨创造了良好的前提条件。

附图说明

图 1 为 HDP CVD 之后硅片膜厚的截面示意图；

图 2 为经过参数调整，HDP CVD 之后硅片膜厚的截面示意图；

图 3 为 TEOS PECVD 之后硅片膜厚的截面示意图；

图 4 为 HDP 与 TEOS PECVD 叠加之后硅片膜厚的截面示意图；

图 5 为调整后 HDP CVD 与 TEOS PECVD 叠加之后硅片膜厚的截面示意图；

图 6 为 HDP CVD 腔体示意图。

### 具体实施方式

以下结合具体实施例对本发明作详细说明。

如图 1，在未进行参数调整前的 HDP 淀积后硅片薄膜的倾向为硅片中间厚，内圈薄，外圈厚，通常来讲如果 HDP 淀积后中间和外圈的厚度一致，则可以认为其均匀性已较难有优化的空间。如图 3，由于通常采用 TEOS(四乙基原硅酸盐)作为前驱体的 PECVD (等离子体辅助化学气相淀积)，一般是硅片中间厚，外圈薄，内圈次之。HDP CVD 和 TEOS PECVD 淀积后薄膜的叠加则会使得 CMP 前薄膜均匀性差，既图 4 所示，正是图 1 和图 3 叠加后的结果，硅片中间比外圈高出许多。

如图 2，是经过参数调整的 HDP 淀积后硅片薄膜，HDP CVD 时的反应气体是  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{O}_2$ ，结合图 6，通过调整侧壁和顶端的硅烷流量分布使得淀积之后薄膜的中间比外圈薄，这样可以和图 3 所示的之后的 TEOS PECVD 淀积出的薄膜相匹配。最佳参数为：在原有侧壁一硅烷流量基础上如 (32-36sccm)减少 1 或 2sccm，在顶端一硅烷流量基础上 (如 7-9sccm)增加 1 或 2sccm，二者增加和减少的量相等，淀积时的气压维持在 5 或 7mT，淀积腔体顶端射频功率为 3900 或 4100w，侧壁射频功率为 1700 或 1900w，偏置射频功率为 2900 或 3100w，淀积时氧气的流量在 240 或 260sccm。因此，通过调节 HDP 淀积参数，使得 HDP CVD 后的薄膜在硅片中心比边缘薄，从而和 TEOS PECVD 相匹配，达到改善 CMP 前改善薄膜淀积的均匀性，



其效果如图 5 所示。

本发明适用于众多 HDP 设备(如美国应用材料公司的 Ultima, Ultima+ 等), TEOS PECVD 也适用于各种型号的设备。



图 1

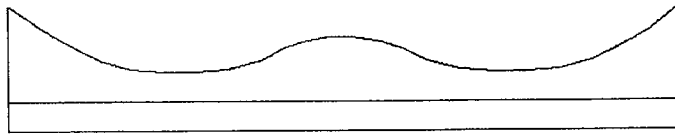


图 2

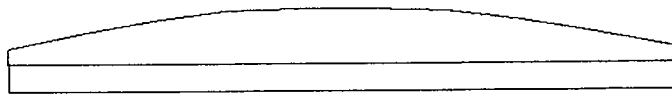


图 3



图 4



图 5

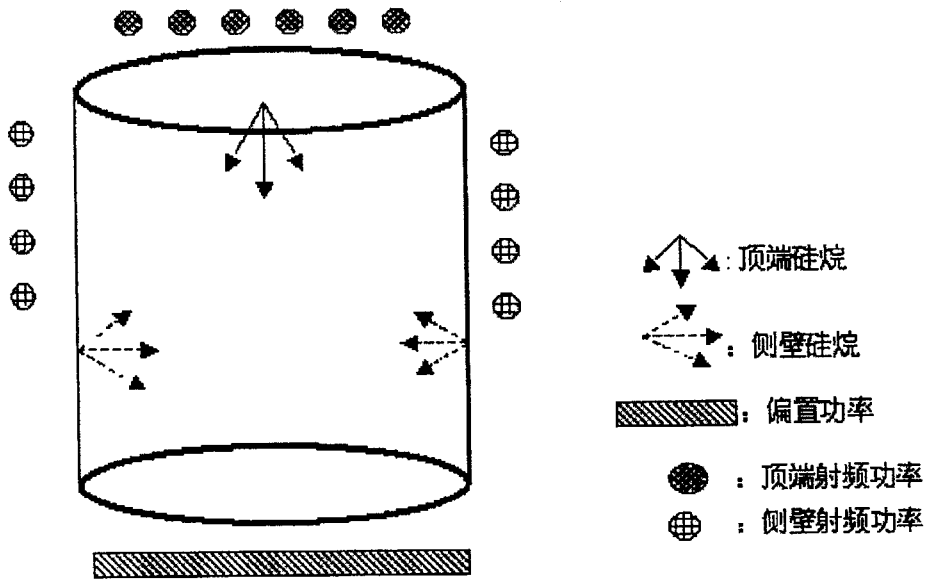


图 6