

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 21/108

H01L 21/31

H01L 21/471

C23C 16/34



[12] 发 明 专 利 说 明 书

专利号 ZL 02137189. X

[45] 授权公告日 2005 年 10 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 1222014C

[22] 申请日 2002.9.27 [21] 申请号 02137189. X

[71] 专利权人 上海华虹（集团）有限公司

地址 200020 上海市淮海中路 918 号 18 楼

[72] 发明人 徐小诚 缪炳有

审查员 闫立刚

[74] 专利代理机构 上海正旦专利代理有限公司

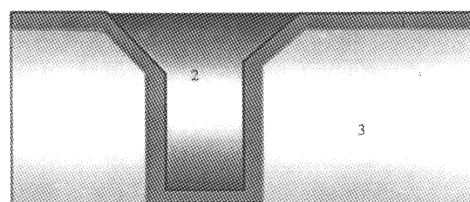
代理人 陶金龙 陆 飞

权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

[54] 发明名称 化学汽相淀积生成 TiN 阻挡层的方法

[57] 摘要

本发明是一种 CVD 淀积 TiN 薄膜的集成电路制造工艺，是用化学汽相淀积(CVD)方法，利用含 Ti 的化学物质 TDMA，淀积一层 TiN 薄膜。并在原位进行 H₂ - N₂ 射频等离子处理。第一步淀积工艺的目的在于制备出均匀的、具有较高的台阶覆盖率的 TiN 薄膜，而第二步 H₂ - N₂ 射频等离子处理则是为了减小 CVD 淀积的 TiN 薄膜中碳、氧、和氢等杂质的含量，降低电阻率，使 TiN 晶粒均匀生长，并使 TiN 薄膜增密。用这种方法淀积的 TiN，具有良好的台阶覆盖，均匀的电阻分和膜厚均匀性，能显著改善 Al 金属导线的电迁移性能。TiN 还是 Cu 的阻挡层，可用于 Cu 金属化工艺，实现 Cu 金属大马士革互联技术。



1、一种 CVD 淀积 TiN 阻挡层的方法，其特征在于，第一步，用 CVD 方法，采用 He 气携带含 Ti 的化学物质 TAMAT，在真空条件下，通过热分解淀积一层 TiN 薄膜；第二步，在原位进行 H₂-N₂ 射频等离子处理，反复循环上述步骤直至达到设定的 TiN 沉积厚度；其中，所述通过热分解淀积 TiN 薄膜的淀积温度为 400° C—450° C，真空度为 1Torr-5Torr，每次淀积时间为 10—15 秒；化学物质 TAMAT 应保持在温度 50 ° C ± 0.1 ° C 的恒温瓶中，以保证足够并且稳定的 TAMAT 流量，TAMAT 热分解淀积 TiN 的化学反应式表示为：
$$\text{Ti}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_4 \rightarrow \text{TiN}(\text{C}, \text{H}) + \text{HN}(\text{CH}_3)_2 + \text{其他碳氢化合物}。$$

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在原位进行 H₂-N₂ 射频等离子处理，低压为 1Torr-2Torr，每次处理时间为 30-40 秒。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于设定的 TiN 淀积厚度范围 30-50nm。

化学汽相淀积生成 TiN 阻挡层的方法

技术领域

本发明属于半导体集成电路制造工艺技术领域，具体涉及一种采用 TAMAT 化学汽相淀积 TiN 薄膜的方法。

背景技术

随着先进的动态随机存储器（DRAM），逻辑电路，和系统级芯片集成（SOC）制造技术的不断进步，加工特征尺寸不断减小，器件封装密度不断加大，尤其是多层金属互联线的加长带来的 RC 延迟，对器件性能已经产生严重的影响，是今后集成电路按比例缩小的主要限制因素。因此，减少 RC 互连延迟是近几年来半导体行业的主攻方向。一方面，在半导体生产线后道工艺中引入 Cu 工艺，采用电阻率小的 Cu 布线来代替电阻率大的 Al 布线，从而大大减小互连电阻对集成电路的性能影响。另一方面，引入低介电材料来取代传统的积对于深而且小的接触孔和通孔，物理淀积的局限性日益突出，特别是侧壁和底部的台阶覆盖率非常低，即使采用 IMP（离子金属等离子淀积），其侧壁的台阶覆盖率也不超过 20%，造成后续工艺的制造上的困难。由于浅结工艺特点，无论是 Al 布线还是 Cu 金属布线工艺中，通常采用 W 互联柱与有源区接触，阻止 Al 向硅片中的扩散，使浅结失效。

同时 W 与大多数常用的绝缘介质层的粘附性很差，必须要有增强粘附性的过渡层，加之 W 互联柱和绝缘介质之间要加上扩散阻挡层材料，以避免 W CVD 淀积时，WF₆对底层介质的腐蚀。在 Cu 互联工艺中，Cu 离子在高温和加电场的情况下，可以在半导体硅片和二氧化硅介质中快速扩散，引起器件可靠性方面的问题。所以，在 Cu 和绝缘介质之间，必须加上防止 Cu 扩散的阻挡层材料，例如 TiN、TaN 等。阻挡层的目的是主要有两个，第一是阻止金属向介质中的扩散，第二是提高金属与介质的粘附性。

通常，要求阻挡层要有良好的台阶覆盖性，特别是对于高宽比（A/R）大于 6 微细结构中，侧壁和底部的台阶覆盖是关键。此外，阻挡层本身的体电阻要求很低，以尽可能减小接触电阻；与绝缘介质层粘附性好，不易分离和脱落；是良好金属阻挡层，以防止金属向硅片或者绝缘介质中扩散，造成互联线之间漏电；能经受 Cu 后道加工工艺高温的考验，通常 Cu 大马士革加工流程温度在 300C 到 420C；与低介电常数材料的兼容性好，不改变低介电常数材料的化学性能；物理特性满足后续的化学机械抛光工艺要求。

TiN 是一种很有吸引力的阻挡层材料，TiN 具有较高的熔点（2930C），而且电阻率低（21.7 微欧姆.厘米），与金属 W 和 Cu 的粘附性都很好，并且和 W 以及 Cu 都不互融。

一般 TiN 采用物理淀积方法制备。由于物理淀积受到溅射金属离子的方向性的限制，

台阶覆盖性和底部覆盖性都很差,特别是对于深亚微米器件,情况尤其严峻.在 0.18 微米以下技术中,由于物理淀积时金属溅射离子方向性等限制,造成细线条中的阻挡层侧壁覆盖性很差,导致以后的 W 化学淀积和 Cu 电镀时出现空洞,影响集成电路的成品率和可靠性.

为了适应深亚微米工艺的细线条、大的高宽比(>6)的特点,采用化学汽相淀积(CVD)方法淀积 TiN 阻挡层,消除淀积阻挡层是填孔性对高宽比的依赖性,是集成电路工艺发展的必然趋势.

CVD 淀积 TiN 时,膜厚的均匀性和电阻率的均匀性很低.为此,人们对 CVD 淀积 TiN 的工艺和材料举行了深入的研究. TiN CVD 淀积分有氨气和无氨气两种,常用的含 Ti 的物质有 TAMAT, TDEAT 和 TiCl_4 等. TiCl_4 淀积 TiN 虽然也得到了良好的薄膜均匀性,但是,它含有 Cl,使器件的长时间可靠性发生问题.而且,Cl 和氨反应生成固体沉淀物,对硅片表面和真空系统造成污染.因此,半导体工艺界普遍采用 TAMAT 或 TDEAT 生成 TiN.淀积温度一般为 350C,低压 3Torr-5Torr.

发明内容

本发明的目的在于提出一种新的化学汽相淀积(CVD)生成 TiN 阻挡层的方法,使之具有良好的台阶覆盖,均匀的电阻分和膜厚均匀性,显著改善金属导线的电迁移性能.

本发明提出的 CVD 淀积 TiN 的工艺有两个主要步骤:第一步,采用 TAMAT 化学物质,用化学汽相方法(CVD)热淀积一层薄的 TiN 膜;第二步,在原位进行射频等离子处理.

在第一步淀积工艺过程中,采用 He 气携带含 Ti 的化学物质 TAMAT,在低真空条件下,通过热分解淀积 TiN 薄膜. TAMAT 热分解的化学反应式表示为: $\text{Ti}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_4 \rightarrow \text{TiN}(\text{C}, \text{H}) + \text{HN}(\text{CH}_3)_2 + \text{其他碳氢化合物}$.第二步是原位进行 H_2-N_2 射频等离子处理.反复循环上述二个工艺步骤,直到达到设定的 TiN 淀积厚度范围.

第一步淀积工艺的目的是制备出均匀的、具有较高的台阶覆盖率的 TiN 薄膜,而第二步 H_2-N_2 射频等离子处理则是为了减小 CVD 淀积的 TiN 薄膜中碳、氧、和氢等杂质的含量,降低电阻率,使 TiN 晶粒均匀生长,并使 TiN 薄膜增密.

本发明制造工艺的步骤可总结如下:

第一步,用化学汽相淀积(CVD)方法,采用 He 气携带化学物质 TAMAT,利用含 Ti 的化学物质 TAMAT,淀积一层 TiN 薄膜;第二步,在原位进行 H_2-N_2 射频等离子处理.

本发明中,通过热分解淀积 TiN 薄膜,淀积温度为 400° C—450° C,真空度为 1Torr-5Torr,每次淀积时间为 10—15 秒.化学物质 TAMAT 应保持在温度 35-55° C $\pm$ 0.1° C 的恒温瓶中,以保证足够并且稳定的 TAMAT 流量, TAMAT 热分解淀积 TiN 的化学反应式表示为: $\text{Ti}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_4 \rightarrow \text{TiN}(\text{C}, \text{H}) + \text{HN}(\text{CH}_3)_2 + \text{其他碳氢化合物}$.

本发明中, 在原位进行 H_2-N_2 射频等离子处理, 低压为 1Torr-2Torr, 每次处理时间为 30-40 秒。

循环上述工艺步骤, 直到达到设定的 TiN 淀积厚度范围, 一般为 30-50nm。

附图说明

图 1 表示采用 CVD 淀积 TiN 阻挡层在互联工艺中的应用示意图。

标号说明: 其中 1 是 TaN 阻挡层; 2 是 W 金属互联柱; 3 是绝缘介质层。

用这种方法淀积的 TiN, 具有良好的台阶覆盖, 均匀的电阻分 and 膜厚均匀性. TiN 还是一种物理性能和化学性能都稳定的阻挡层。TiN 与 W 金属和绝缘介质的粘附性能良好, 可以用在 W 互联柱工艺中, 有效地防止 WF_6 对硅片和介质层的侵蚀. TiN 还与 Al 金属以及绝缘介质的粘附性能良好, 用于 Al 多层金属布线工艺, 能显著改善 Al 金属导线的电迁移性能。TiN 还是 Cu 的阻挡层, 可用于 Cu 金属化工艺, 实现 Cu 金属大马士革互联技术。

具体实施方式

下面就采用 TAMAT 化学汽相淀积 TiN 来进一步描述本发明:

- 1、采用多腔室 CVD 淀积设备, 例如美国应用材料公司的 Endura TxZ & HP TxZ 设备
- 2、首先, 在真空设定为 5Torr 条件下, 将硅片升温到 450℃。
- 3、接着, 用 He_2 携带化学物质 TAMAT, 在低真空 1.5Torr 条件下, 通过热分解淀积 TiN 薄膜。淀积温度为 450℃, 淀积时间为 15 秒, TAMAT 流量为 225sccm, He_2 流量为 275sccm, N_2 的流量为 300sccm。TAMAT 应保持在温度为 $50^\circ C \pm 0.1^\circ C$ 的恒温瓶中, 以保证足够并且稳定的 TAMAT 流量。TAMAT 热分解的化学反应式表示为: $Ti[N(CH_3)_2]_4 \rightarrow TiN(C, H) + HN(CH_3)_2 + \text{其他碳氢化合物}$ 。
- 4、原位 H_2-N_2 射频等离子处理, 减小 CVD 淀积的 TiN 薄膜中碳, 氧, 和氢等杂质的含量, 降低电阻率, 使 TiN 晶粒均匀生长, 并使 TiN 薄膜增密, 提高膜厚均匀性. 处理真空度为 1.5Torr, 时间为 35 秒. 期间硅片温度会上升 20℃;
- 5、硅片降温至 TiN 淀积设定温度, 真空调节到 1.5Torr;
- 6、重复第 3 步工艺, 利用 He_2 携带 TAMAT, 通过热分解淀积 TiN, 淀积时间为 15 秒。
- 7、重复 4 步, 原位氢-氮射频等离子处理, 时间 35 秒, 以降低电阻率, 增密 TiN 并提高膜厚均匀性;
- 8、循环 CVD 淀积 TiN 和原位 H_2-N_2 射频等离子处理, 直到达到设定的 TiN 淀积厚度。每次循环淀积 TiN 厚度为 110 Å。

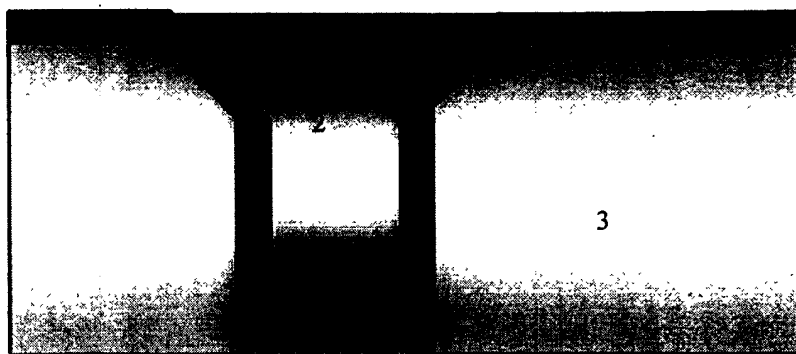


图 1