



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1750239 B

(45) 授权公告日 2010.05.26

(21) 申请号 200510078963.4

H01L 21/463(2006.01)

(22) 申请日 2005.06.21

G09G 1/02(2006.01)

(30) 优先权数据

10/711,369 2004.09.14 US

(56) 对比文件

US 2004/0127054 A1, 2004.07.01, 全文.

US 5264010 A, 1993.10.23, 说明书第1栏第

13行-4栏第33行.

(73) 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

审查员 智月

(72) 发明人 拉加塞克哈尔·维尼加拉

詹姆斯·W·汉纳

蒂莫西·M·麦考马克

小罗伯特·M·莫克林

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 王永刚

(51) Int. Cl.

H01L 21/3105(2006.01)

H01L 21/304(2006.01)

H01L 21/4757(2006.01)

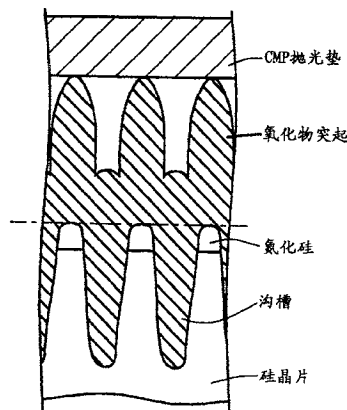
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 1 页

(54) 发明名称

基于氧化铈的抛光工艺和氧化铈基浆料

(57) 摘要

通过添加氧化硅到氧化铈基 CMP 浆料, 抛光过程比没有氧化硅时开始得更快, 因此消除了抛光过程的停滞时间, 并消除在停滞时间内因操作条件改变引起的过程不稳定性。一种用于执行衬底上图案化的氧化物(例如, STI、PMD、ILD) 的化学机械抛光(CMP) 的浆料, 包括: 具有 1.0-5.0wt% 浓度的氧化铈颗粒和具有 0.1-5.0wt% 浓度的氧化硅颗粒。氧化铈浓度与氧化硅浓度之比(氧化铈: 氧化硅) 按重量从大约 10: 1 到接近 1: 1。氧化铈颗粒具有 150-250nm 的颗粒尺寸, 氧化硅颗粒具有 > 100nm 的颗粒尺寸。氧化硅可以是焙烧的(fumed) 或者胶体的。浆料具有大约 9.0 的 pH 值。



1. 一种使用氧化铈基浆料对图案化的氧化物进行化学机械抛光的方法,包括以下步骤:

向所述浆料中加入一定量的氧化硅,其中氧化铈浓度对氧化硅浓度的比值为重量比 10 : 1 至 4 : 1。

2. 根据权利要求 1 的方法,其中:

在浆料中所述氧化铈的浓度为 1.0-5.0wt%。

3. 根据权利要求 1 的方法,包括从由 10 : 1 至 7 : 1、10 : 1 至 4 : 1、10 : 1、7 : 1、4 : 1、大于 4 : 1 以及大于 7 : 1 构成的组中选择氧化铈浓度对氧化硅浓度的比值的步骤。

4. 根据权利要求 1 的方法,其中:

所述氧化铈具有第一颗粒尺寸,所述氧化硅具有第二颗粒尺寸;并且

第一颗粒尺寸对第二颗粒尺寸的比值选自由 1 : 1、1.5 : 1、2 : 1 以及 2.5 : 1 构成的组。

5. 根据权利要求 1 的方法,其中:

所述氧化铈颗粒具有 150-250nm 的颗粒尺寸;并且

所述氧化硅颗粒具有大于 100nm 的颗粒尺寸。

6. 根据权利要求 5 的方法,其中所述氧化铈颗粒具有 180-220nm 的颗粒尺寸。

7. 根据权利要求 5 的方法,其中所述氧化硅颗粒具有 130-190nm 的颗粒尺寸。

8. 根据权利要求 1 的方法,其中所述氧化硅颗粒包括焙烧的氧化硅。

9. 根据权利要求 1 的方法,其中所述浆料具有 9.0 的 pH 值。

10. 根据权利要求 1 的方法,其中所述图案化的氧化物选自由浅沟槽隔离、前金属介质和层间介质构成的组。

11. 一种用于对衬底上的氧化物进行化学机械抛光的浆料,包括:

具有第一浓度的氧化铈颗粒;以及

具有第二浓度的氧化硅颗粒;

其中:

在浆料中所述氧化铈的浓度为 1.0-5.0wt%;并且

氧化铈浓度对氧化硅浓度的比值为重量比 10 : 1 至 4 : 1。

12. 根据权利要求 11 的浆料,其中氧化铈浓度对氧化硅浓度的比值选自由 10 : 1 至 7 : 1、10 : 1 至 4 : 1、10 : 1、7 : 1、4 : 1、大于 4 : 1 以及大于 7 : 1 构成的组。

13. 根据权利要求 11 的浆料,其中:

所述氧化铈颗粒具有第一颗粒尺寸,所述氧化硅颗粒具有第二颗粒尺寸;并且

第一颗粒尺寸对第二颗粒尺寸的比值选自由 1 : 1、1.5 : 1、2 : 1 以及 2.5 : 1 构成的组。

14. 根据权利要求 11 的浆料,其中:

所述氧化铈颗粒具有 150-250nm 的颗粒尺寸;并且

所述氧化硅颗粒具有大于 100nm 的颗粒尺寸。

15. 根据权利要求 14 的浆料,其中所述氧化铈颗粒具有 180-220nm 的颗粒尺寸。

16. 根据权利要求 14 的浆料,其中所述氧化硅颗粒具有 130-190nm 的颗粒尺寸。

17. 根据权利要求 11 的浆料,其中所述氧化硅颗粒包括焙烧的氧化硅。

18. 根据权利要求 11 的浆料,其中所述浆料的 pH 值为 9.0。
19. 一种对图案化的氧化物进行化学机械抛光的方法,包括以下步骤:  
使用具有初始时间的氧化铈基浆料对所述图案化的氧化物进行化学机械抛光;以及  
向所述氧化铈基浆料中加入一定量的氧化硅,以减小初始时间并提高处理稳定性,其中氧化铈浓度对氧化硅浓度的比值为重量比 10 : 1 至 4 : 1。

## 基于氧化铈的抛光工艺和氧化铈基浆料

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件制作,更具体地,涉及用于 CMP(化学机械抛光)的技术以及,再具体地,涉及基于氧化铈的抛光方法,具体用于图案化氧化物的 CMP 抛光。

### 背景技术

[0002] 在制造高密度电子电路中 CMP 是一种关键技术。这种方法使用包括浆料(高性能研磨剂和化学制品的混合物)的先进抛光技术。在制造半导体器件的方法中,CMP 技术非常重要,例如,这种半导体器件为浅沟槽隔离(STI)、夹层电介质的平整、植入金属线的形成、插头的形成、植入电容器的形成,等等。

[0003] CMP 工艺包括存在浆料时在压力下靠着抛光垫旋转晶片。CMP 用于平整氧化硅(氧化物)。对于传统的氧化物抛光,浆料由悬浮在稀碱性溶液(pH ~ 10-11)中的氧化硅基胶体组成。典型的抛光垫为复合多孔聚亚安酯基材料。对氧化物抛光的理论没有好的理解,但是,通常认为碱性化学物质水解氧化物的表面和亚表面,因此减弱了 SiO<sub>2</sub> 的键结构。通过压力和旋转给予胶体的机械能致使高处特征以比低处特征更快的速率侵蚀,从而随着时间推移表面得到平整。

[0004] 本发明的主要定向于氧化物的化学机械抛光(CMP)。这种方法中,通过在抛光垫上使用研磨剂矿物质使带有氧化硅薄膜的晶片得以抛光。这种技术在玻璃抛光工业和半导体工业中被广泛应用。典型地,研磨剂矿物质悬浮在还可以包含其它化学物质的水介质中,所述其它化学物质用于减少矿物质的沉淀并改善抛光性能。半导体工业中为了平整氧化硅薄膜所最通常使用的研磨剂矿物质为硅和铈的氧化物。为了获得更好的平整性能,特别是用于抛光图案化的氧化物时,铈氧化物使用更为普遍。这里所使用的,图案化氧化物包括,但不局限于,浅沟槽隔离(STI)、金属前电介质(premetal dielectric)(PMD)以及夹层电介质 ILD。

[0005] 美国专利申请 20040040217(“Takashina”)公开了:一种由水介质和研磨剂颗粒组成的抛光成分,其中研磨剂颗粒包括体积含量为 50%或更多的具有 2 到 200nm 颗粒尺寸的研磨剂颗粒,所述具有 2 到 200nm 颗粒尺寸的研磨剂颗粒包括 (i) 体积含量 40%到 75%的具有 2nm 或更大且小于 58nm 的颗粒尺寸的小尺寸颗粒,(ii) 体积含量 0%到 50%的具有 58nm 或更大且小于 75nm 的颗粒尺寸的中等尺寸颗粒,以及 (iii) 体积含量 10%到 60%的具有 75nm 或更大和 200nm 或更小的颗粒尺寸的大尺寸颗粒;一种由水介质和研磨剂颗粒组成的抛光成分,其中研磨剂颗粒包括具有 2 到 50nm 的平均颗粒尺寸的研磨剂颗粒(A)和具有 52 到 200nm 的平均颗粒尺寸的研磨剂颗粒(B),其中 A 与 B 的重量比(A/B)从 0.5/1 到 4.5/1;一种包括使用抛光成分对半导体衬底进行平整的抛光工艺;一种用于使用抛光成分对半导体衬底进行平整的方法;以及一种包括使用抛光成分对半导体衬底进行抛光的制作半导体器件的方法。所述抛光成分在抛光用于半导体器件的衬底时能够得到令人满意的应用,而且所述用于制作半导体器件的方法能够令人满意地用于制作诸如存储 ICs、逻辑 ICs 和系统 LSI 的半导体器件。

[0006] 如 Takashina 所提出的,一个用于 CMP 的抛光液体的实例包括研磨剂颗粒在水中的分散。所述研磨剂颗粒包括焙烧的氧化硅、氧化铝颗粒等。这些颗粒中,由于其低成本和高纯度,焙烧的氧化硅得到广泛应用。然而,由于在生产过程中形成聚集的颗粒(二次颗粒),因此在焙烧氧化硅中存在可能在表面上产生划痕的缺点。另一方面,由于被称为“胶体氧化硅”的氧化硅研磨剂颗粒具有相对的球形表面形状,并且以接近单分散状态存在,因此聚集的颗粒可能难于形成,从而使得可以期望划痕减少而且氧化硅研磨剂颗粒已经开始得到应用。然而,氧化硅研磨剂颗粒中存在抛光速率通常低的缺点。

[0007] 如 Takashina 所提出的,氧化硅、铝氧化物和铈氧化物颗粒最好,而且从减少划痕的观点看,氧化硅更好。具体例子包括诸如胶体氧化硅颗粒、焙烧的氧化硅颗粒以及表面改性的氧化硅颗粒的氧化硅颗粒;诸如具有 3 或 4 的氧化数和具有六方、立方和面心立方晶系的铈氧化物等等。

[0008] 如 Takashina 所提出的,胶体氧化硅颗粒更好。胶体氧化硅颗粒具有相对的球形,可以以最初颗粒状态被稳定地分散开,使得难于形成聚集的颗粒,因此可以减少被抛光表面上的划痕。可以通过使用如硅酸钠的碱金属硅酸盐作为原材料的硅酸钠方法或者使用四乙烷氧基硅烷或类似的作为原材料的的烷氧基硅烷法制备胶体氧化硅颗粒。这些研磨剂颗粒可以单独使用或者以两种或更多种混合使用。

[0009] 如 Takashina 所提出的,抛光成分可以任意包括各种添加剂。所述添加剂包括 pH 值调节剂、分散稳定剂、氧化剂、螯化剂、防腐剂等等。

[0010] pH 值调节剂包括诸如氨水、氢氧化钾、氢氧化钠以及水溶性有机胺的碱性物质,和包括诸如乙酸、草酸、丁二酸、羟基乙酸、苹果酸、柠檬酸以及安息香酸的有机酸和诸如硝酸、盐酸、硫酸以及磷酸的无机酸的酸性物质。这里,草酸和丁二酸也可用作螯化剂。

[0011] 分散稳定剂包括诸如阴离子表面活性剂、阳离子表面活性剂和非离子表面活性剂的表面活性剂,诸如聚丙烯酸或聚丙烯酸盐、丙烯酸共聚物和环氧乙烷/环氧丙烷局部共聚物(聚丙二醇与环氧乙烷的加聚物)的聚合物分散剂等等。

[0012] 氧化剂包括过氧化氢、高锰酸或高锰酸盐、铬酸或铬酸盐、硝酸或硝酸盐、过氧酸或过氧酸盐、含氧酸或含氧酸盐、金属盐、硫酸等。

[0013] 螯化剂包括诸如草酸、丁二酸、邻苯二甲酸和三苯六甲酸的聚羧基酸;诸如羟基乙酸、苹果酸、柠檬酸和水杨酸的羟基羧酸;诸如亚硝乙酸和乙二氨四乙酸(ethylenediaminetetraacetic acid)的聚氨基羧酸;诸如氨基三酸(甲基亚乙基磷酸)和 1-羟基乙缩醛-1,1-二磷酸等等的磷酸。

[0014] 防腐剂包括苯甲烷铵氯化物、benzethonium 氯化物、1,2-benzisothiazolin-3-one 等等。

[0015] 如 Takashina 所提出的,最好根据抛光对象的种类和所要求的性质适当确定抛光成分的 pH 值。例如,从抛光对象的可清洁性、工作机器的抗腐蚀性和操作人员的安全性考虑,最好抛光成分的 pH 值优选为从 2 到 12。此外,当抛光对象被用于抛光半导体晶片、半导体元件等,特别是用于抛光硅衬底、多晶硅衬底、氧化硅薄膜等时,从增加抛光速率和改善表面性质考虑,pH 值更好为 7 到 12,再好为 8 到 12,特别好的是 9 到 12。可以根据情况通过适当添加所需量的上述的 pH 值调节剂来调节 pH 值。

[0016] 美国专利申请 20030211747(“Hegde 等”)公开了使用混合研磨剂浆料的浅沟槽

隔离抛光。通过随后为化学机械抛光的浅沟槽隔离技术提供了集成电路中活性区域（例如晶体管）等的隔离，活性区域隔离使得一个活性区域的功能不影响相邻活性区域的功能，所述化学机械抛光采用混合研磨剂浆料，所述浆料基本上包括 (a) 相对大的、硬的无机金属氧化物颗粒；(b) 相对小的、软的无机金属氧化物颗粒。相对小的、软的无机金属氧化物颗粒吸附在相对大的、硬的无机金属氧化物颗粒的表面上，使得浆料的有效电荷发生改变，从而提供了从氧化硅到氮化硅的更多的好的选择性。所述浆料具有低于大约 5 的 pH 值。

[0017] 如 Hegde 所提出的，提供一种用于 CMP 工艺的混合研磨剂抛光浆料，为了控制氧化物到氮化物的抛光速率选择性和减少表面缺陷，所述浆料基本上由至少如氧化铈 ( $\text{CeO}_2$ ) 和氧化铝 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 颗粒的两种无机金属氧化物研磨剂材料组成，所述浆料的 pH 值低于 5，例如在  $\sim 4.0$  或更小的数量级。

[0018] 混合研磨剂浆料（“MAS”）基本上由后面将详细说明了的 (a) 小而软的颗粒和 (b) 相对大而硬的颗粒的混合物组成。选择两种浆料颗粒具有相反的极性从而使得较小的颗粒吸引到并因此偏向于吸附到较大颗粒的表面上。

[0019] 浆料中为浆料提供必要的机械研磨功能的大的、硬的颗粒将，例如，具有从大约 80 到 250nm 数量级的平均颗粒尺寸；同时吸附在大颗粒表面上的小的、软的颗粒可以，例如，为从大约 10 到 40nm 的数量级。大与小颗粒的比率可以，例如，是按重量从大约 1 : 1 到大约 1 : 5，最好是按重量从 1 : 1 到 1 : 1.2 的数量级。

[0020] 作为可用的大颗粒的例子，可以提及氧化铝、铁氧化物、氧化铬、氧化铈、氧化钛、氧化锆和氧化锆；同时，用于小颗粒的可用材料的例子包括氧化硅、氧化锆和氧化铈。

[0021] 图 4 中说明的本发明的示意性抛光机理显示小研磨剂颗粒如何绕大研磨剂颗粒的表面进行丛生的。Hegde 假设，当包含吸附在大的、硬的氧化铝颗粒上的小的、软的氧化铈颗粒的改性的研磨剂与氧化硅衬底发生作用时，首先氧化铈与氧化硅衬底的独特化学反应软化  $\text{SiO}_2$  的表面膜，然后硬的氧化铝颗粒对软化膜进行机械研磨。另一方面，对于要以更快速率去除的  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ，必须只能首先将其氧化成  $\text{SiO}_2$ ，然后改性的研磨剂中大的和小的颗粒的合成反应才能起到增强 RR 的作用。在 pH 值  $< 5$  时， $\text{Si}_3\text{N}_4$  氧化成  $\text{SiO}_2$  非常慢，因此抛光过程中改性的研磨剂总是与硬的  $\text{Si}_3\text{N}_4$  表面膜发生反应，导致低的  $\text{Si}_3\text{N}_4$ RR 并因而改善了选择性。

[0022] 如 Hegde 所提出的，由于与抛光材料发生反应的氧化铈颗粒非常软，因此结果获得的表面光洁度极好。这是混合研磨剂浆料的优点，其中研磨剂与抛光衬底的特殊反应可以适当地定制以控制抛光材料的去除速率到需要值并同时产生高的抛光后表面质量（低的表面粗糙度）。

[0023] 美国专利申请 20030092271（“Jindal”）公开了使用混合研磨剂浆料的浅沟槽隔离抛光。通过随后为化学机械抛光的浅沟槽隔离技术提供了集成电路等中活性区域（例如晶体管）的隔离，活性区域隔离使得一个活性区域的功能不影响相邻活性区域的功能，所述化学机械抛光采用混合研磨剂浆料，为了控制电路中的氧化硅到氮化硅的抛光速率选择性和减少表面缺陷，所述浆料基本上包括至少两种无机金属氧化物研磨剂材料颗粒，所述浆料的 pH 值低于 5，最好是 3.5 到 4.0 的数量级。为了控制氧化物到氮化物的抛光速率选择性和减少表面缺陷，所述用于 CMP 工艺的混合研磨剂抛光浆料基本上由如氧化铈 ( $\text{CeO}_2$ ) 和氧化铝 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 颗粒的至少两种无机金属氧化物研磨剂材料组成，所述浆料的 pH 值低于 5，

例如在大约 4.0 或更小的数量级。

[0024] 如 Jindal 所提出的, 在发生电流的器件中, 通过浅沟槽隔离方法实现改善的隔离、更大的组装密度以及更好的尺寸控制。可注意的是, 浅沟槽隔离是通过经过氮化硅和氧化硅层进入到硅衬底而刻蚀沟槽到预定深度而形成的。然后使用本领域技术中熟知的如化学气相沉积 (“CVD”) 的技术在整个晶片上和开在氮化硅内的沟槽中沉积氧化硅。然后化学机械抛光被用于去除多余的 CVD 氧化硅并停止于保护性的氮化硅上。然后使用强的热酸刻蚀去除氮化物。

[0025] 当到氮化物层时 CMP 必须被停止, 这需要用于 CMP 的非常高的氧化物到氮化物的选择性浆料。CMP 工艺中, 如该工艺名称所指的, 通过化学反应和机械研磨共同的作用实现平整。化学反应发生在浆料和被抛光材料之间。膜的机械研磨是通过垫、研磨剂和膜之间的作用产生的。

[0026] 因此, CMP 工艺的三个主要组件是膜、垫和浆料。由于该技术中该方法非常被熟知, 包括其基本组件, 因此这里没有必要进行很详细的讨论。

[0027] 三个主要的组件中, 强调的是, 为了提供商业产品, 目前最迫切的是高选择性浆料的使用, 所述高选择性浆料在浅沟槽隔离过程中产生最小化的缺陷。因此, 强调的是, 对于极其重要和商业的浅沟槽隔离系统, 提供高选择性的研磨剂浆料是基本的, 所述高选择性的浆料在浅沟槽隔离的化学机械抛光之后产生最小化的缺陷。

[0028] 美国专利申请 20030047710 (“Babu 等”) 公开了化学机械抛光。一种用于化学机械抛光, 例如用于对在制作微电子器件等中应用的金属和硅晶片进行平整的研磨剂浆料, 该浆料基本上只包括由至少两种无机金属氧化物组成的混合物, 所述混合物用以在诸如提高的氧化物和金属抛光速率、控制的抛光速率选择性、低的表面缺陷以及增强的浆料稳定性等特性方面提供比使用单一无机金属氧化物研磨材料能获得的更好的性能。

[0029] 如 Babu 所提出的, 浆料中的研磨剂起到传递机械能到被抛光表面的非常重要的作用。用于该目的的例证性的研磨剂包括氧化硅 (氧化硅,  $\text{SiO}_2$ ) 和氧化铝 (氧化铝,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ )。氧化铈 (氧化铈,  $\text{CeO}_2$ ) 是最常用的用于抛光玻璃和 (近来) STL 的氧化物膜的研磨剂。

[0030] 研磨剂 - 液体通过化学和物理作用进行的相互反应, 在确定最合适的研磨剂种类、尺寸、形状和浓度的过程中起着非常重要的作用。但是, 在使用氧化铈研磨剂对玻璃进行抛光的情况下, 研磨剂也可以具有化学作用, 其中氧化铈与玻璃表面形成尚不完全理解的化学键。

[0031] 如 Babu 所提出的, CMP 本身是古老的, 并已经例如, 先于集成电路制作很长时间而在玻璃抛光和硅晶片抛光中得到应用。集成电路制作中使用的氧化硅是硅酸盐玻璃的一种形式, 因此这两种材料具有相似的机械和化学特性。氧化硅抛光典型地在 pH 值接近 10 时进行, 因为在该 pH 值范围内分解和化学反应增强。颗粒研磨过程中产生压力使分解速率得到提高。氧化铈和氧化锆已被发现具有以很多倍数量加快氧化硅去除的特殊的“化学牙齿”特性。

[0032] 如 Babu 所提出的, 按照惯例, 氧化硅颗粒独自己被用作硅氧化物和氮化物抛光的研磨剂。具有高的氧化物去除速率和高的氧化物到氮化物的抛光速率选择性的氧化铈基浆料, 常常在氧化物表面上导致浆料引起的划痕。这些划痕对于集成电路器件的正常功能是致命的。深的划痕应该被消除, 因为它们可能侵袭硅衬底并破坏氧化物的完整性。

## 发明内容

[0033] 本发明的一般目的是提供改善的用于氧化物 CMP 抛光的技术。

[0034] 根据本发明,一般地,少量的氧化硅与氧化铈基的浆料相组合以促使氧化物抛光更快,因而增加了产量并最小化使用没有氧化硅的浆料时由于最初时间内的变化导致的工艺不稳定性。这使抛光工艺开始时的停滞时间最小化,因而提高了抛光工艺的产量。

[0035] 浆料中的氧化硅加速了抛光的开始。浆料中的氧化铈与氧化物表面进行反应,所述表面为使用氧化硅初始抛光而产生并继续抛光的。

[0036] 根据本发明,用于使用氧化铈基浆料对图案化的氧化物进行化学机械抛光(CMP)的方法包括以下步骤:添加一定数量的氧化硅到浆料中;其中按重量氧化铈的浓度与氧化硅的浓度之比(氧化铈:氧化硅)为从大约 10:1 到接近 1:1。浆料中氧化铈的浓度为大约 1.0~5.0wt%;而且浆料中氧化硅的浓度为大约 0.1~5.0wt%。氧化铈颗粒具有 150~250nm 的颗粒尺寸;而且氧化硅颗粒具有 >100nm 的颗粒尺寸。本方法对于图案化的氧化物是有用的,所述图案化氧化物为浅沟槽隔离(STI)、前金属电介质(PMD)和层间电介质(ILD)。

[0037] 根据本发明,用于对衬底上氧化物进行化学机械抛光(CMP)的浆料,包括:具有第一浓度的氧化铈颗粒;具有第二浓度的氧化硅颗粒;其中浆料中氧化铈的浓度为大约 1.0~5.0wt%;而且浆料中氧化硅的浓度为大约 0.1~5.0wt%。按重量氧化铈的浓度与氧化硅的浓度之比(氧化铈:氧化硅)为从大约 10:1 到接近 1:1。氧化铈颗粒具有第一颗粒尺寸而且氧化硅具有第二颗粒尺寸;第一颗粒尺寸与第二颗粒尺寸之比(氧化铈:氧化硅)从由大约 1:1、大约 1.5:1、大约 2:1 和大约 2.5:1 组成的组中选择。氧化铈颗粒具有 150~250nm 的颗粒尺寸;而且氧化硅颗粒具有 >100nm 的颗粒尺寸。氧化硅可以是焙烧的或胶体的。浆料具有大约 9.0 的 pH 值。

[0038] 根据本发明,CMP 抛光图案化氧化物的方法包括以下步骤:使用具有初始时间的氧化铈基浆料;添加足够数量的氧化硅到氧化铈基浆料中以在保持氧化铈基浆料的基本有利特性的同时充分地减少初始时间和增加工艺的稳定性。

[0039] 添加氧化硅到氧化铈基 CMP 浆料中是有利的,因为:

[0040] - 抛光工艺比没有氧化硅时启动更快,因而消除了抛光工艺中的停滞时间。

[0041] 还消除了因停滞时间内操作条件的改变引起的工艺不稳定性。

## 附图说明

[0042] 通过考虑下面的结合附图(FIGs)所进行的说明,本发明的结构、操作和优点将变得更加显而易见。附图意为说明性的,而不是限制的。

[0043] 为了说明清楚,在一些图中某些元件可能被省略,或者未按比例进行说明。为了说明清楚,横截面视图可以是“切片”的形式,或者“近视的”横截面视图,省略了某些在“真实”的横截面视图中可见的背景线。

[0044] 在伴随着随后的说明的附图中,通常参考标号和图例(标注、文本说明)一起被用于确定元件。如果提供了图例,它们只是意于作为对读者的辅助,而不应该以任何方式被解释为限制。



[0045] 通常,附图的不同图(FIGs)中相似的元件可以由相似号码标注,这种情况下典型地最后两个重要数字可以是相同的,最重要的数字是图(FIG)的号码。

[0046] 图1是具有典型STI(浅沟槽氧化物)结构的半导体晶片的横截面视图,所述STI结构具有大量浅沟槽。

[0047] 图2是说明初始时间对去除材料总量的影响的曲线图,其中浆料具有4种不同初始时间。水平轴是以秒计的时间。垂直轴是以埃( $\text{\AA}$ )每分钟计的材料去除速率。

### 具体实施方式

[0048] 在下面的说明中,为了提供对本发明的整体理解,列出了很多的细节。那些本技术领域中的技术熟练人员将认识到在仍然实现本发明的结果的同时对这些特殊的细节进行修改将是可能的。但是,为了避免对本发明的说明不必要的模糊,可以不对众所周知的加工步骤进行详细说明。

[0049] 材料(例如氧化硅)可以以它们的正式的和/或通常的名称以及以它们的化学式而被提及。关于化学式,数字可以以常规字体而不是以下标出现。例如,氧化硅可以被简单地提为“氧化物”、化学式 $\text{SiO}_2$ 。例如,氮化硅(化学定量 $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,常常简化为“SiN”)可以简单地提为“氮化物”。

[0050] 在下面的说明中,为了说明本发明的具体实施方式,可能出现示范性尺寸。该尺寸不应该被理解为限制。它们可以被包括到提供对比例的理解。概括地说,不同元件之间的关系是重要的,该关系是指元件所处的位置,元件的对比成分以及有时元件的相对尺寸。

[0051] 在氧化物CMP需求迫切的半导体加工工业中整体设计之一就是浅沟槽隔离(STI)。该设计中,在需要相邻器件隔离的晶片区域内刻蚀沟槽。然后在这些沟槽内填充(沉积)氧化物(典型的为氧化硅)。沉积过程中在没有任何沟槽的晶片区域内沉积出氧化物突起。

[0052] 图1说明具有典型STI(浅沟槽氧化物)结构的半导体晶片,所述STI结构具有大量的浅沟槽。浅沟槽之间的区域(为了本讨论的目的,称为“台”)典型地以氮化物(起到硬掩模的作用并在后续的加工中起到CMP刻蚀停止的作用)进行覆盖。使用众所周知的投影氧化物沉积方法进行氧化物沉积。氧化物填充到溢出沟槽,并在台的顶部形成突起。典型的示范性尺寸为是:

[0053] - 沟槽/突起间距 =  $0.2578 \mu\text{m}$ (例如中心到中心)

[0054] - 相邻突起的间距 =  $0.1061 \mu\text{m}$

[0055] - 沟槽宽 =  $0.2500 \mu\text{m}$

[0056] - 突起高度 =  $0.3321 \mu\text{m}$

[0057] - 氮化物之上到突起底端的氧化物厚度 =  $0.1705 \mu\text{m}$

[0058] - 氮化物厚度 =  $0.1000 \mu\text{m}$

[0059] - 沟槽深 =  $0.3321 \mu\text{m}$

[0060] 然后应用CMP从晶片上没有沟槽的区域(也就是台)去除全部的氧化物突起,并同时确保从沟槽内的氧化物损失最小。氮化物顶上的水平虚线是指氧化物将被平整、抛光到作为抛光停止层的氮化物的水平面。

[0061] CMP过程中,晶片通过氧化物突起与抛光垫接触。(抛光垫被超出比例显示得很

粗。)因此有效压力由与抛光垫接触的氧化物突起的表面积决定。由于氧化物突起的“锐利”形貌,接触面积在抛光初始阶段最小并随抛光进行而增大。

[0062] 对于先进技术,例如  $0.13\ \mu\text{m}$  及更小,当沟槽之间的间距减小并且沟槽的深度增加时,氧化物突起变得更为锐利,因此进一步减小了抛光初始阶段抛光垫和晶片之间的接触表面面积。

[0063] 现有关于氧化物 CMP 的文献指出晶片与去除速率之间的接触压力更高使得从晶片表面上去除材料更高,(参见 Chemical Processes in Glass Polishing, Cook L. M., J. of Non-crystalline Solids, Vol. 120, pp152-171, 同样参见 A CMP model combining density and time dependencies, Taber H. Smith et al., 1999 CMP-MIC conference proceedings.) 这将预示在抛光的初始阶段氧化物突起应该抛光更快,并且随抛光工艺的进行去除速率必须降低。

[0064] 但是在使用氧化铈基浆料进行抛光时不存在这种问题。这种情况下在抛光的初始阶段当晶片表面上氧化物突起最高时氧化物的去除速率非常低。

[0065] 进一步的抛光使材料从这些突起上去除从而使它们逐渐多地变平。从晶片表面上的这些突起去除的材料将成为悬浮物并有助于从晶片表面进一步去除材料。这使得随着晶片抛光的进行悬浮的材料数量持续增加,从而导致单个晶片抛光过程中去除速率的变化。

[0066] 随着越来越多的晶片被抛光,来自浆料的研磨剂材料和从晶片表面去除的材料可能嵌入到抛光垫中,反过来随着抛光垫的老化导致去除速率发生改变。

[0067] 根据本发明,为了使被去除的材料对后续抛光的影响最小化,在铈氧化物(氧化铈)基浆料中添加了一些氧化硅(焙烧的和/或胶体氧化硅)。结果获得的浆料中的氧化硅导致抛光过程中材料去除开始非常早而不依赖于从晶片表面上去除的材料帮助抛光。

[0068] 认为产生这种有利结果的机理在于铈氧化物研磨剂并没有选择性地粘附到晶片的表面上。这导致了非常低的初始去除速率。然后抛光的初始阶段从晶片上去除的氧化物粘附到晶片上余下的氧化物上并增加去除速率。添加的氧化硅研磨剂更好地粘附到氧化物的表面上,因此增加了氧化物的去除速率。

[0069] 这样,通过始终如一地向抛光系统提供充足的氧化硅使得抛光初始阶段去除速率增加并且还改善工艺的稳定性。

[0070] 表面改性的氧化硅颗粒和氧化铈颗粒,如那些具有 3 或 4 的氧化数和那些具有六方、立方或者面心立方晶系等的,可以在浆料中使用,这也在本发明的范围内。

[0071] 抛光成分可以随意地包含各种添加剂,包括 pH 调节剂、分散稳定剂,如那些 Takashina 已作说明的,这也在本发明的范围内。浆料可以包含氧化剂、螯化剂和防腐剂,如那些 Takashina 已作说明的,尽管它们一般地没有用于氧化物 CMP,这也在本发明的范围内。

[0072] 实验结果

[0073] 使用氧化铈基浆料和两种氧化硅掺杂的浆料对具有  $5700\text{\AA}$  的氧化物(突起)的晶片进行 CMP 抛光,抛光时间 120 秒。测量 120 秒抛光之后剩余的氧化物的厚度。下面的表给出了添加氧化硅到浆料的结果。

[0074] 表:概念证明:添加氧化硅的抛光结果

	120s 抛光后氧化物剩余
[0075] 氧化铈基浆料(1.0 wt%.)	1942Å
1.2 wt% 掺氧化硅的浆料	1110Å
0.6 wt%掺氧化硅的浆料	1116Å

[0076] 全部三种浆料中,整个浆料中氧化铈的量(浓度)为10wt%。从表中证明,添加氧化硅到氧化铈基浆料中改善了抛光性能。表中列出了氧化硅的浓度(wt%)。一种情况(1.2wt%氧化硅掺杂的浆料)中,为了实验的目的,氧化硅比氧化铈稍多。另一种情况(0.6wt%氧化硅掺杂的浆料)中,氧化硅比氧化铈少。一般建议,认为氧化硅少于1.0wt%适合于获得所需的结果。

[0077] 根据本发明,用于对半导体晶片上图案化氧化物,特别是STI结构,进行CMP抛光的有效浆料,包括:

[0078] - 浆料中氧化铈的量应该大约1.0~5.0wt%;

[0079] - 添加到氧化铈基浆料的氧化硅的量应该大约0.1~5.0wt%;

[0080] - 按重量氧化铈:氧化硅的比率应该从大约10:1到接近1:1,包括下面示范性的范围:

[0081] 从10:1到7:1

[0082] 从10:1到4:1

[0083] 从10:1到1.1:1

[0084] 大约10:1

[0085] 大约7:1

[0086] 大约4:1

[0087] 大于1:1

[0088] 大于4:1

[0089] 大于7:1

[0090] 浆料中添加的氧化硅的量应该足以充分地减少初始时间并增加工艺的稳定性(下面进行讨论)。

[0091] 认为添加任何少于十分之一(例如,20:1)的氧化硅将使氧化硅太少而不能起任何作用。因此,添加氧化硅的量应少于浆料中氧化铈的量,包括接近等于1.1:1,但不得太多(>10:1)。

[0092] 任何情况下,理想的是氧化硅的浓度应该小于氧化铈的浓度,以保持氧化铈基浆料的基本的有益性质。

[0093] 还根据本发明,氧化铈应该具有150-250nm(包括180-220nm)的颗粒尺寸,添加到氧化铈基浆料中的氧化硅可以是具有下列颗粒尺寸的焙烧的或胶体的:

[0094] 对于焙烧的氧化硅130-190nm

[0095] 对于胶体氧化硅超过100nm

- [0096] 对于氧化硅颗粒的有用尺寸范围为 100-200nm。
- [0097] 从上面列出的颗粒尺寸中,我们看出氧化铈:氧化硅的尺寸比率可以是:
- [0098] 大约 1 : 1(例如,180 : 180)
- [0099] 大约 1.5 : 1(例如,150 : 100、180 : 120 或 210 : 140)
- [0100] 大约 2 : 1(例如,200 : 100)
- [0101] 大约 2.5 : 1(例如,250 : 100)
- [0102] 本发明使用具有大约相同尺寸的大的氧化铈颗粒和大的焙烧的氧化硅颗粒运转得很好。氧化硅颗粒最好不大于氧化铈颗粒。
- [0103] 有用的浆料具有 150-250nm 的氧化铈和超过 (>)100nm 的氧化硅(焙烧的或胶体的)。
- [0104] 浆料的化学组成为水成的(水)。
- [0105] 浆料的 pH 值在 7-12 的范围内,如大约 9.0(9±0.5)。可以通过按条件要求所需的量适当地添加 pH 值调节剂对 pH 值进行调节。
- [0106] 结果获得的有氧化硅添加的氧化铈基浆料显示出在图案密度上依赖性更小。抛光图案化的氧化物时,包括掺杂的氧化物,包括 STI、PMD、ILD,抛光更加均匀。
- [0107] 抛光机理
- [0108] 传统认为氧化铈基浆料依赖“化学牙”性质对氧化物进行抛光。为了产生这种作用,氧化铈颗粒必须与氧化物的表面接触,集结在抛光垫和氧化物表面之间。在抛光的初始阶段,由于晶片的外形所致,与抛光垫相接触的氧化物的表面积总量受到限制。因此有少数的氧化铈颗粒有效地对氧化物进行抛光。随着抛光以非常地的速率进行,越来越多的表面外形变平,因此在氧化物表面与抛光垫之间聚集更多氧化铈的氧化物表面积得到增加。而且更多的氧化物(氧化硅)从晶片被去除并反过来帮助从晶片上进一步的氧化物抛光。浆料中增加的氧化硅(来自于去除的材料)和晶片形貌变平的组合影响导致抛光速率增加。
- [0109] 根据本发明,通过将氧化硅添加到浆料中抛光机理发生改变。而且,浆料中氧化硅的浓度稳定致使氧化物的抛光速率稳定。使用纯粹的氧化铈浆料对在抛光的初始阶段产生氧化硅以用于进一步抛光的依赖性因而得以消除。
- [0110] 图 2 的曲线图说明初始时间(这里也称为“停滞时间”)对去除材料(例如,氧化物)总量的影响,其中浆料具有四种不同的初始时间。水平轴为以秒计的时间轴。垂直轴为以埃(Å)每分钟计的材料去除速率。全部四种浆料具有 **3000 Å**/min 的最大材料去除速率(在全部四种情况中)。这不是实验数据,而是以对如上面讨论的那些(去除速率)进行测量为基础的。
- [0111] 虚线(曲线)为具有 100 秒(s)的初始时间并在 20 秒以后(在 120 秒时)向上倾斜到最大材料去除速率的 CMP 浆料。
- [0112] 带三角的线(曲线)为具有 70 秒(s)的初始时间并在 20 秒以后(在 90 秒时)向上倾斜到最大材料去除速率的 CMP 浆料。
- [0113] 具有方块的线(曲线)为具有 40 秒(s)的初始时间并在 20 秒以后(在 60 秒时)向上倾斜到最大材料去除速率的 CMP 浆料。
- [0114] 具有圆圈的线(曲线)为实际上初始时间为 0 秒并在 20 秒以后(在 20s 时)向上倾斜到最大材料去除速率的 CMP 浆料。

[0115] 去除的全部氧化物为每条曲线下方的面积。从图 2 中可以得到一些合理的推论和结论。随初始时间非常多地减少（停滞时间随操作条件发生改变），去除的氧化物总量增加，导致过抛光。由于氧化硅添加到浆料中减少全部初始时间，因此过抛光的量得到减少，从而导致工艺稳定性增加。初始时间的全部减少将减少整个过程的时间，因此产量增加。

[0116] 当氮化物（硬掩模，抛光停止层）顶部的所有氧化物都被去除时认为抛光完成。为了去除典型数量（ $\sim 6000\text{\AA}$ ）的氧化物，通常需要 180-240 秒的全部时间。

[0117] 可以进行下面的比较。以 240 秒为基线，对于 100 秒的初始时间的情况，20 秒向上倾斜，以最大速率抛光为 120 秒，开始 120 秒进入抛光过程。240 秒中的 100 秒是无效的，被浪费。

[0118] 当初始时间减少到 0，仍然有 20 秒时间向上倾斜和 120 秒以最大速率进行抛光，完全是立即启动。整个过程花 140 秒而不是 240 秒（100 秒的差距）。

[0119] 使用这个例子，因此整个过程的时间可以减少达到大约  $100\text{s}/240\text{s} =$  大约 40%。

[0120] 根据本发明，与使用没有氧化硅的氧化铈基浆料相比，使用氧化硅掺杂的氧化铈基浆料的全部过程的时间将减少至少 10%，包括至少 20%，包括至少 30%，包括大约 40%。产量的增加真正得以实现，依赖于实际使用的工艺。可以实现每小时 3-4 个晶片（WPH）的输入增加。（与大约 210 秒的总抛光时间的已知工艺相比较。使用提出的浆料成分，过程的时间可以减少将近 60s，这将致使大约 3WPH 的增加。）

[0121] 初始阶段依赖于形貌，反过来形貌依赖于所加工产品的技术节点。对于一些技术，初始时间大约 20s，而另一些技术初始时间大约 90-240s。本发明的优点在于氧化硅添加到浆料中将减少初始时间，这对于全部产品都完全一样。理论为初始时间向上延伸到从晶片表面上有足够的氧化物被去除的点。因此，对于初始时间非常少的产品，将不会在初始时间方面有多的变化。但是对于初始时间占抛光过程很大一部分的另外一些产品，氧化硅的添加将减少初始时间（可能到小于总抛光时间的 10%）。

#### [0122] 区分本发明

[0123] 上述的美国专利申请 20040040217（“Takashina”）中，不同化学组成构成的研磨剂，必需具有不同的尺寸，一种为 52 到 200nm，另一种为 2 到 50nm。与此相比，本发明中，构成的研磨剂中的一种为 130-190nm，而另一种为 150-250nm（180-220nm）。

[0124] 上述的美国专利申请 20030211747（“Hegde 等”）中，公开了一种抛光浆料，该浆料中氧化硅比氧化铈多。他们要求的最低氧化硅含量的浆料具有 1 : 1 的氧化硅与氧化铈之比。本发明中，浆料中氧化铈比氧化硅多（氧化硅少于氧化铈）。因此，Hegde 的浆料与本发明的浆料相比将表现不同。本发明的浆料氧化铈比氧化硅多，是氧化铈基的浆料，使用氧化硅作为“添加剂”，而不是浆料中氧化硅超出氧化铈的浓度。

[0125] Hegde 的发明中，浆料的 pH 值低于 5。本发明指定为在更高的，接近碱性的 pH 范围内运行，从 7 到 12，如大约 9.0（ $9 \pm 0.5$ ）。

[0126] Hedge 的发明中的颗粒尺寸与本发明的颗粒尺寸不同。Hedge 发明中的颗粒尺寸为：

[0127] 大的氧化铈：80-250nm

[0128] 小的氧化硅：10-40nm

[0129] 本发明中的颗粒尺寸为：

[0130] 氧化铈 :150-250nm(180-220nm)

[0131] 氧化硅 :至少 100nm,如 100-200nm,如 130-190nm

[0132] Hedge 发明的浓度比为 :

[0133] 氧化铈 :氧化硅按重量 1 : 1 到 1 : 5(至少氧化硅与氧化铈一样多)。

[0134] 本发明中,氧化铈为主要成分,浓度比为 :

[0135] 氧化铈 :氧化硅 10 : 1 到的 1 : 1,如上所述。

[0136] 上述的美国专利 20030092271(" Jindal" ),公开了混合的研磨剂浆料,其中混合的成分为氧化铝和氧化铈。本发明是具有氧化铈和氧化硅的浆料。Jindal 的整个浆料的 pH 值小于 4.0。本发明在更高的、接近碱性的 pH 范围内操作。

[0137] 美国专利申请 20030047710(" Babu 等" )公开了化学机械抛光。他们谈到了氧化铝和氧化硅的混合以及氧化铝和氧化铈的混合。他们没有谈到本发明中的可以从氧化铈和氧化硅的混合中获得的改善工艺的稳定性(或者任何其它好处)。

[0138] 简而言之,工业中人们倾向于使用全氧化铈基或全氧化硅基浆料。而且,文献指出图案化的晶片抛光比毯子式的晶片抛光快,这使我们对停滞时间的观察很不明显。本发明发现添加少量的氧化硅到氧化铈基浆料中将减少/消除停滞时间。由于 STI CMP 中的停滞时间问题还没有在文献中有所报道(本发明发明人所知),因此本发明所提出的对该问题的解决方法并不是显而易见的。

[0139] 尽管本发明就一些最好的具体实施方式或具体实施方式进行了展示和说明,那些本技术的技术人员在阅读和理解本说明书及附图的基础上可以进行某些同等意义的变化和修改。特别是关于通过上述组件(装配、器件、电路等)执行的不同功能,用于说明这些组件的术语(包括提及的“方法”)意为相应于,除非另有所指,执行所述组件的特殊功能的任何组件(也就是功能相同),即使结构上并不同于执行这里所说明的本发明示例性具体实施方式中的功能的公开的结构。此外,本发明的特殊特性可能关于几个具体实施方式中的仅仅一个已经被公开,同时这些特性也可以与其它具体实施方式的一个或更多特性相组合,这对于任何给定的或特别的应用是需要的和有益的。

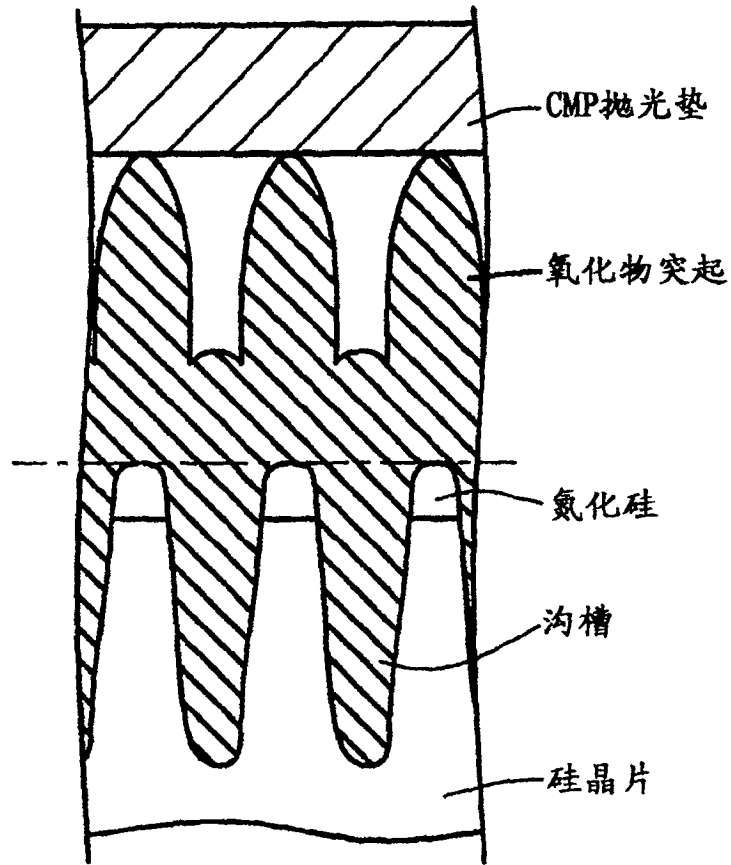


图 1

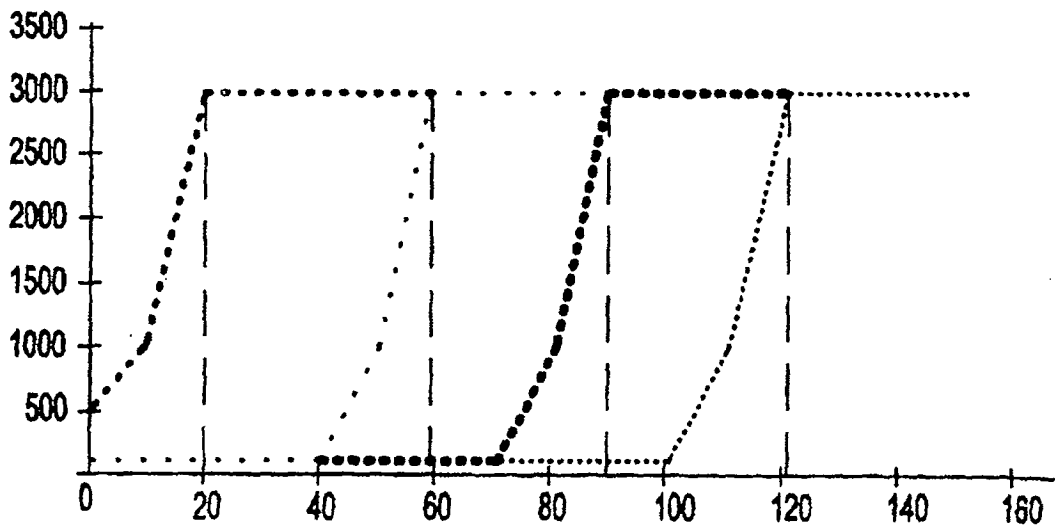


图 2