



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103928362 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 25

(21) 申请号 201410109834. 6

(22) 申请日 2014. 03. 24

(73) 专利权人 上海华力微电子有限公司

地址 201203 上海市浦东新区张江开发区高
斯路 568 号

(72) 发明人 雷通 桑宁波

(74) 专利代理机构 上海思微知识产权代理事务
所(普通合伙) 31237

代理人 王宏婧

(51) Int. Cl.

H01L 21/66(2006. 01)

G01B 21/08(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101192553 A, 2008. 06. 04,

KR 20010065740 A, 2001. 07. 11,

US 6248661 B1, 2001. 06. 19,

CN 103280408 A, 2013. 09. 04,

审查员 陈慧玲

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法

(57) 摘要

本发明提出了一种监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,所述方法在硅衬底上进行两次相同工艺条件的氧化硅沉积,并分别量测出氧化硅厚度的变化,通过计算得到由于表面硅损耗转化的氧化硅的厚度,进一步计算出表面硅的损耗。从而达到对相应工艺条件下表面硅损耗的离线监测,有着监测时间周期短和工艺成本低的优点。



1. 一种监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,包括:
提供硅衬底,所述硅衬底表面有第一氧化硅层;
利用厚度测量机台量测出所述第一氧化硅层的厚度 THK_1 ;
选择第一工艺条件,在所述硅衬底上沉积第一厚度的第二氧化硅层;
利用厚度测量机台量测出所述硅衬底表面的氧化硅层的厚度 THK_2 ;
选择第二工艺条件,在所述硅衬底上沉积第二厚度的第三氧化硅层,所述第二工艺条件与所述第一工艺条件相同,所述第二厚度与所述第一厚度相同;
利用厚度测量机台量测出所述硅衬底表面的氧化硅层的厚度 THK_3 ;
进行数据分析,计算出硅衬底表面硅的氧化带来的氧化硅厚度的增量 ΔTHK_{ox} ,然后计算出硅衬底表面硅损耗的厚度 ΔTHK_{Si} 。
2. 如权利要求1所述的监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,其特征在于:所述硅衬底为硅材质的控档片。
3. 如权利要求1所述的监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,其特征在于:硅衬底表面硅的氧化带来的氧化硅厚度的增量 $\Delta THK_{ox} = (THK_2 - THK_1) - (THK_3 - THK_2)$ 。
4. 如权利要求1所述的监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,其特征在于:硅衬底表面硅损耗的厚度 $\Delta THK_{Si} = k * \Delta THK_{ox}$,k为第一工艺条件下氧化硅和硅的转换系数。
5. 如权利要求4所述的监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,其特征在于:第一工艺条件下氧化硅和硅的转换系数为1/2。
6. 如权利要求1所述的监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,其特征在于:所述第一工艺条件为氧化硅等离子体增强原子层沉积工艺。
7. 如权利要求1所述的监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,其特征在于:所述第一工艺条件为氧化硅亚常压化学气相沉积。
8. 如权利要求6或7中所述的监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,其特征在于:所述第一工艺条件中还包括工艺温度、反应气体流量、反应压力、射频功率的参数。
9. 如权利要求1所述的监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,其特征在于:所述第一厚度为 $30\text{\AA} \sim 100\text{\AA}$ 。

监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体技术领域,尤其涉及一种监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法。

背景技术

[0002] 随着超大规模集成电路技术的迅速发展,半导体器件的尺寸在不断减小,工艺生产中很多原本被忽视的“微量变化”逐渐成为影响器件性能和可靠性的关键参数。其中,氧化硅薄膜沉积过程中导致衬底表面的硅氧化,即,衬底硅损耗就属于此类。例如在多晶硅有栅上用沉积(通常是亚常压化学气相沉积或者等离子体增强原子层沉积等工艺)的方法生长侧墙氧化层(Spacer oxide)时,由于在化学气相沉积的过程中,反应气体里包含氧化性气体(例如 O_2 或 O_3),经过化学气相沉积工艺后,实际得到的侧墙氧化层薄膜,有一部分源于多晶硅栅表面硅原子的氧化,也就表面硅损耗。这样,会导致多晶硅栅关键尺寸的减小。并且,不同的工艺条件和参数产生的表面硅损耗程度可能各不相同,多晶硅栅关键尺寸的减小也就不一样。有效评估沉积过程中的硅损耗对提高工艺精度和器件的可靠性有很大帮助。

[0003] 现有技术中通常使用的方法是对产品样品进行TEM切片,通过直接对比侧墙氧化层沉积工艺前后多晶硅栅的宽度来监测沉积过程中的表面硅损耗,多晶硅栅的宽度在沉积工艺前后的差值即为多晶硅表面的硅损耗量。虽然这种方法可以用来评估表面硅损耗,但是进行TEM切片工艺和形成样本本身都需要较高的成本,而且需要的时间周期也较长,不能方便快捷的监测各工艺条件下氧化硅沉积工艺中的硅损耗。

发明内容

[0004] 本发明提供一种监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,用来监测氧化硅沉积工艺中的硅损耗。

[0005] 为解决以上问题,本发明提供一种监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,包括:

[0006] 提供硅衬底,所述硅衬底表面有第一氧化硅层;

[0007] 利用厚度测量机台量测出所述第一氧化硅层的厚度 THK_1 ;

[0008] 选择第一工艺条件,在所述硅衬底上沉积第一厚度的第二氧化硅层;

[0009] 利用厚度测量机台量测出所述硅衬底表面的氧化硅层的厚度 THK_2 ;

[0010] 选择第二工艺条件,在所述硅衬底上沉积第二厚度的第三氧化硅层,所述第二工艺条件与所述第一工艺条件相同,所述第二厚度与所述第一厚度相同;

[0011] 利用厚度测量机台量测出所述硅衬底表面的氧化硅层的厚度 THK_3 ;

[0012] 进行数据分析,计算出硅衬底表面硅的氧化带来的氧化硅厚度的增量 ΔTHK_{ox} ,然后计算出硅衬底表面硅损耗的厚度 ΔTHK_{Si} 。

[0013] 可选的,所述硅衬底为硅材质的控档片。

[0014] 可选的,硅衬底表面硅的氧化带来的氧化硅厚度的增量 $\Delta THK_{ox} = (THK_2 - THK_1) -$

($\text{THK}_3 - \text{THK}_2$)。

[0015] 可选的,硅衬底表面硅损耗的厚度 $\Delta \text{THK}_{\text{Si}} = k * \Delta \text{THK}_{\text{ox}}$, k 为第一工艺条件下氧化硅和硅的转换系数。

[0016] 可选的,第一工艺条件下氧化硅和硅的转换系数为 $1/2$ 。

[0017] 可选的,所述第一工艺条件为氧化硅等离子体增强原子层沉积工艺。

[0018] 可选的,所述第一工艺条件为氧化硅亚常压化学气相沉积。

[0019] 可选的,所述第一工艺条件中还包括工艺温度、反应气体流量、反应压力、射频功率的参数。

[0020] 可选的,所述第一厚度为 $30\text{\AA} \sim 100\text{\AA}$ 。

[0021] 与现有技术相比,本发明所提供的监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,通过在硅衬底上进行两次相同工艺条件的氧化硅沉积,并分别量测出氧化硅厚度的变化,通过计算得到由于表面硅损耗转化的氧化硅的厚度,进一步计算出表面硅的损耗。从而达到对相应工艺条件下表面硅损耗的离线监测,有着监测时间周期短和工艺成本低的优点。

附图说明

[0022] 图1为本发明实施例的监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法的流程图。

具体实施方式

[0023] 在背景技术中已经提及,现有技术中监测表面硅损耗的方法需要较长的时间周期和较高的工艺成本,不能方便快捷的监测氧化硅沉积工艺的各类参数和条件下的硅损耗。

[0024] 为此,本发明提供一种监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,用于监测氧化硅沉积工艺中的硅损耗。本发明的核心思想在于,通过多次沉积步骤并量测氧化硅层厚度的变化,可以在计算过程计算出由于沉积工艺造成的表面硅损耗。从而达到对相应工艺条件下表面硅损耗的离线监测。

[0025] 请参考图1,其为本发明实施例的监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法的流程图。所述方法包括如下步骤:

[0026] 步骤S010,提供硅衬底,所述硅衬底表面有第一氧化硅层;

[0027] 步骤S011,利用厚度测量机台量测出所述第一氧化硅层的厚度 THK_1 ;

[0028] 步骤S012,选择第一工艺条件,在所述硅衬底上沉积第一厚度的第二氧化硅层;

[0029] 步骤S013,利用厚度测量机台量测出所述硅衬底表面的氧化硅层的厚度 THK_2 ;

[0030] 步骤S014,选择第二工艺条件,在所述硅衬底上沉积第二厚度的第三氧化硅层,所述第二工艺条件与所述第一工艺条件相同,所述第二厚度与所述第一厚度相同;

[0031] 步骤S015,利用厚度测量机台量测出所述硅衬底表面的氧化硅层的厚度 THK_3 ;

[0032] 步骤S016,进行数据分析,计算出硅衬底表面硅的氧化带来的氧化硅厚度的增量 $\Delta \text{THK}_{\text{ox}}$,然后计算出硅衬底表面硅损耗的厚度 $\Delta \text{THK}_{\text{Si}}$ 。

[0033] 下面将具体结合实施例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,应所述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,下列描述应当被理解为对于本领域技术人员的广泛知道,而并不作为对本发明的限制。

[0034] 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,但是对于本领域技术人员来说仅仅是常规工作。

[0035] 首先,执行步骤S010,提供硅衬底,所述硅衬底表面有第一氧化硅层。本实施例中硅衬底使用硅材质的控档片(通常用来检测或实验用的非产品晶圆)。通常,晶圆表面有原生的一层氧化硅层,即本实施例中的第一氧化硅层。

[0036] 然后执行步骤S011,利用厚度测量机台量测出所述第一氧化硅层的厚度 THK_1 ,即晶圆表面的原生氧化硅层的厚度。

[0037] 然后执行步骤S012,选择第一工艺条件,在所述硅衬底上沉积第一厚度的第二氧化硅层。所述第一工艺条件可以是任一需要监测的沉积工艺条件,例如,本实施例中列举的等离子体增强原子层沉积工艺,所述第一工艺条件中还可以包括工艺温度等参数,例如本实施例中列举的 $400^{\circ}C$ 和 $50^{\circ}C$ 的温度参数。当然所述第一工艺条件中也可以按实际需求包括其它工艺参数如反应气体流量、反应压力、射频功率等或其他沉积工艺方法(例如,亚常压化学气相沉积等)。所述第一厚度为 $30\text{\AA} \sim 100\text{\AA}$,本实施例中优选为 50\AA ,如果所述第一厚度太薄,在后续的第二氧化硅层的沉积生长工艺中,第一氧化硅层可能不能阻挡对硅衬底表面硅的氧化,影响计算结果;如果所述第一厚度太厚,一方面需要更长的工艺时间和更多的物料成本,另一方面会导致较大的量测误差。

[0038] 步骤S013,利用厚度测量机台量测出所述硅衬底表面的氧化硅层的厚度 THK_2 。由于在第二氧化硅层沉积过程中硅衬底表面的硅会氧化转化为氧化硅, THK_2 包括了第一氧化硅层和第二氧化硅层的厚度以及由于表面硅损耗转化成的氧化硅的厚度。

[0039] 步骤S014,选择第二工艺条件,在所述硅衬底上沉积第二厚度的第三氧化硅层,所述第二工艺条件与所述第一工艺条件相同,所述第二厚度与所述第一厚度相同。由于形成了第一厚度的第二氧化硅层,此次沉积工艺中并没有对硅衬底表面的硅氧化而形成氧化硅。由于沉积的厚度相同且采用了相同的工艺条件,实际形成的第三氧化层和第二氧化层有着相同的厚度。

[0040] 步骤S015,利用厚度测量机台量测出所述硅衬底表面的氧化硅层的厚度 THK_3 。可见, THK_3 包括了第一氧化硅层、第二氧化硅层和第三氧化硅层的厚度以及由于表面硅损耗转化成的氧化硅的厚度。

[0041] 步骤S016,进行数据分析,计算出硅衬底表面硅的氧化带来的氧化硅厚度的增量 ΔTHK_{ox} ,然后计算出硅衬底表面硅损耗的厚度 ΔTHK_{Si} 。具体的, $\Delta THK_{ox} = (THK_2 - THK_1) - (THK_3 - THK_2)$,其中, $THK_2 - THK_1$ 为步骤S012中沉积工艺后氧化硅的增量,其包括沉积工艺形成的第二氧化硅层的厚度和由于表面硅损耗转化成的氧化硅的厚度; $THK_3 - THK_2$ 为形成的第三氧化硅层的厚度,这样经过减法计算即可得到由于表面硅损耗转化成的氧化硅的厚度。根据不同硅材质和工艺条件选择氧化硅和硅的转换系数 k ,计算出表面硅损耗的厚度 $\Delta THK_{Si} = k * \Delta THK_{ox}$ 。不同硅材质和工艺条件下的转换系数 k 可以通过实验得到,本实例中 k 为 $1/2$ 。根据上述各式可以得到本实施例条件下的表面硅损耗的厚度 $\Delta THK_{Si} = (2 * THK_2 - THK_1 - THK_3) / 2$ 。表1为本实施中列举的两个工艺条件下的监测数据。

[0042]

工艺条件	THK ₁	THK ₂	THK ₃	Δ THK _{ox}	Δ THK _{Si}
400℃等离子体增强原子层沉积	10.60	59.81	96.99	12.03	6.01
50℃等离子体增强原子层沉积	10.60	53.00	93.25	2.15	1.08

[0043] 表1

[0044] 从表中可以看出,对表面氧化硅层厚度为10.60 Å的硅控档片在400℃条件下进行50 Å氧化硅等离子体增强原子层沉积后,实际的氧化硅厚度为59.81 Å,然后再次在400℃条件下进行50 Å氧化硅等离子体增强原子层沉积,得到的氧化层的厚度为96.99 Å,由前述计算可得经过两次沉积之后氧化硅的厚度为12.03 Å,然后通过转换系数k得到控档片上由于400℃条件下的氧化硅等离子体增强原子层沉积工艺损耗的硅的厚度为6.01 Å。同理,可以得到50℃条件下的氧化硅等离子体增强原子层沉积工艺损耗的硅的厚度为1.08 Å。

[0045] 综上所述,本发明提供的监测氧化硅沉积工艺中硅损耗的方法,所述方法在硅衬底上进行两次相同工艺条件的氧化硅沉积,并分别量测出氧化硅厚度的变化,通过计算得到由于表面硅损耗转化的氧化硅的厚度,进一步计算出表面硅的损耗。从而达到对相应工艺条件下表面硅损耗的离线监测,有着监测时间周期短和工艺成本低的优点。

[0046] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

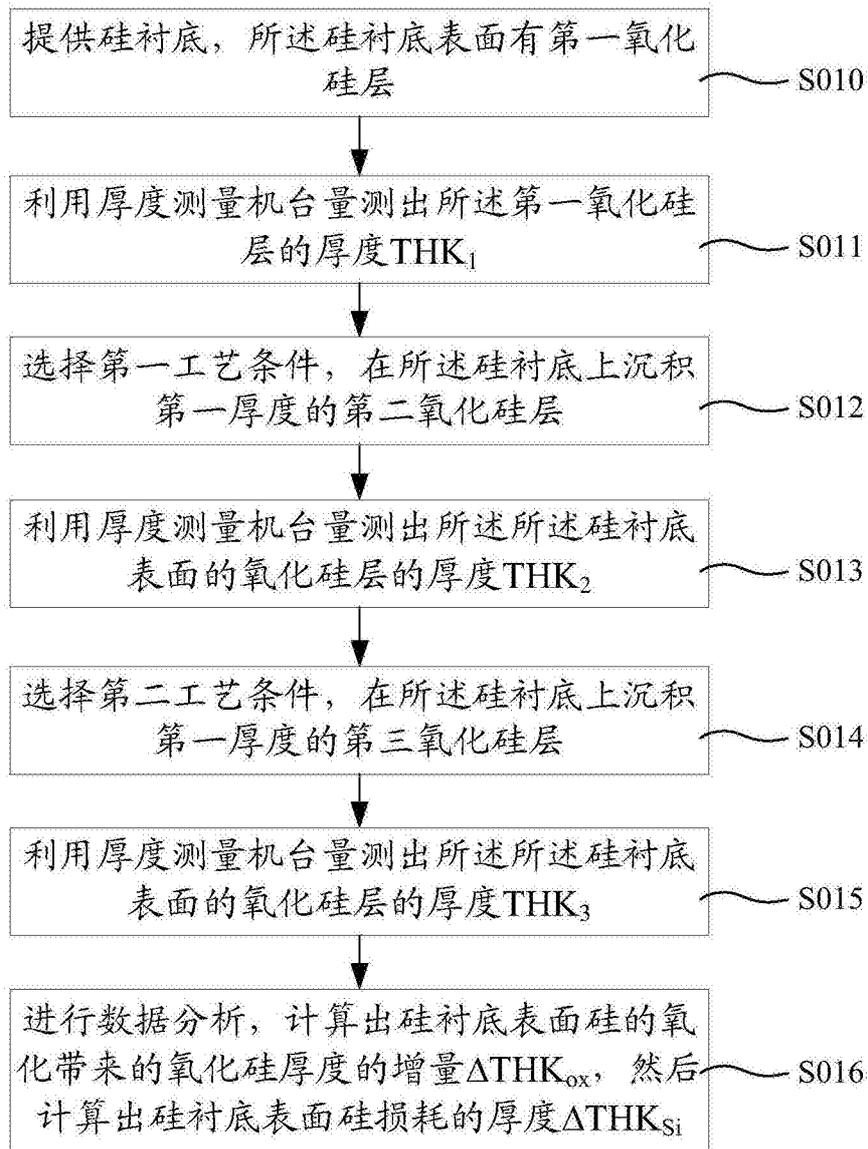


图1