



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 205177850 U

(45) 授权公告日 2016. 04. 20

(21) 申请号 201520779331. X

(22) 申请日 2015. 10. 09

(73) 专利权人 西交利物浦大学

地址 215123 江苏省苏州市工业园区独墅湖
高等教育区仁爱路 111 号

(72) 发明人 陆骐峰 吴京锦 赵策洲

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有
限公司 32103

代理人 范晴

(51) Int. Cl.

H01L 29/51(2006. 01)

H01L 29/78(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

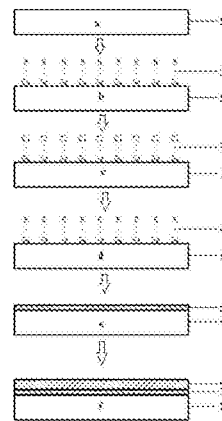
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 实用新型名称

一种锆基 MOS 器件

(57) 摘要

本实用新型提供了一种 ALD 沉积高 k 值材料的锆基 MOS 器件衬底的表面钝化方法及得到的锆基 MOS 器件, 该锆基 MOS 器件, 其结构依次由: 锆衬底层, 钝化层, 高 k 值栅极介质层和金属电极构成, 所述钝化层为锆衬底层表面的 Ge-R 键, 所述的高 k 值栅极介质选自 Al_2O_3 、 Ti_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 La_2O_3 中的任一种或者两种以上相互掺杂。本实用新型的锆基 MOS 器件为羟基对锆衬底表面的钝化, 有效地减小锆衬底与栅介质之间的界面态密度, 明显提高了钝化效果。



1. 一种锗基MOS器件,其特征在于,其结构依次由:锗衬底层,钝化层,高k值栅极介质层和金属电极构成。

2. 根据权利要求1所述的锗基MOS器件,其特征在于,所述钝化层为锗衬底层表面的Ge-R键。

3. 根据权利要求1所述的锗基MOS器件,其特征在于,所述的高k值栅介质选自 Al_2O_3 、 Ti_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 La_2O_3 中的任一种或者两种的相互掺杂。

4. 根据权利要求1所述的锗基MOS器件,其特征在于,锗衬底层为N型 $\langle 100 \rangle$ 晶向的单晶锗衬底。

一种锗基MOS器件

技术领域

[0001] 本实用新型涉及半导体器件领域,具体而言,本实用新型涉及一种ALD沉积高k值材料的锗基MOS器件衬底的表面钝化方法及锗基MOS器件。

背景技术

[0002] 由于硅的天然氧化物质量非常高,能够方便的制造金属-氧化物-半导体场效应晶体管,因此,硅一直是现代电子工业中重要的半导体材料。经过40多年的持续小型化,半导体器件的特征尺寸进入到45nm技术节点以后,基于硅材料的MOSFET的正接近其基本的物理极限。如果继续缩小尺寸,隧穿和巨大的漏电将给晶体管工作带来巨大的影响。为了减小栅隧穿电流,降低器件的功耗,消除多晶硅耗尽效应和p型金属-氧化物-半导体场效应晶体管(PMOSFET)中硼穿透引起的可靠性问题,缓解费米能级钉扎效应,高介电常数(k)材料,例如HfO₂,代替传统的SiO₂结构成为了必然的趋势。和传统的二氧化硅栅介质相比,高介电常数(k)材料可以对介质物理厚度的限制放宽k/3.9倍,而不影响器件的电学性质。在硅衬底上的研究已经取得了很大进展,Intel公司已将高k值栅介质材料和金属栅应用到了其45nm节点的CPU制造技术当中,取得了优异的性能。

[0003] 然而,根据国际半导体技术发展蓝图,CMOS技术将于2015-2020年进入16nm技术节点。浸入式光刻的延伸技术、迁移率增强衬底技术、超浅结(以及其他应变增强工程等方法,将成为16nm节点的关键技术问题。由于衬底迁移率对器件性能有很大影响,迁移率增强衬底技术得到了越来越广泛的关注。锗因其极高的载流子迁移率,且与半导体工艺兼容,被认为是最具潜力的高迁移率半导体材料。锗的电子迁移率与空穴迁移率分别大约是硅的2与4倍,而且迁移率还可以通过应变增强技术得到进一步提高,是CMOS器件理想的沟道材料。

实用新型内容

[0004] 本实用新型所要解决的第一方面问题在于为了提高锗基MOS器件的性能,提供了一种用ALD方法沉积高k值材料的锗基MOS器件衬底的表面钝化方法。该方法能在不影响提高氧化层介电常数的前提下,有效地防止锗衬底在沉积过程中的氧化,减小锗衬底与栅介质界面处的界面态密度、改善衬底与栅介质的界面质量,提高锗基MOS器件的性能。

[0005] 为解决上述技术问题,本实用新型提供的一种ALD沉积高k值材料的锗基MOS器件衬底的表面钝化方法,其包括如下步骤:

[0006] (1)对锗衬底进行清洗;

[0007] (2)用HF溶液处理锗衬底,除去锗衬底的自然氧化层并在衬底表面形成Ge-H键;

[0008] (3)用氯苯的饱和PCl₅溶液处理,将表面的Ge-H键转变成Ge-Cl键;

[0009] (4)再用四氢呋喃的烷基卤化镁(R-Mg-X)溶液处理,其中R为链烃,X为卤素,将Ge-Cl键转变成Ge-R,使表面得到钝化;

[0010] (5)将钝化后的锗衬底用ALD技术表面沉积高k值栅极介质材料;

[0011] (6)沉积金属电极。

[0012] 所述步骤(1)中,用有机溶剂超声清洗2-10分钟除去锗衬底表面的有机物。有机溶剂包括但不限于为丙酮、乙醇、异丙醇等。

[0013] 所述步骤(2)中,用2%HF溶液处理锗衬底30-120秒。

[0014] 在所述的步骤(2)中,HF溶液浸泡处理锗衬底后,再用去离子水冲洗干净,N₂吹干,使表面形成Ge-H键。。

[0015] 所述步骤(3)中,将锗衬底置于氯苯的饱和PCl₅溶液0.5-3小时,溶液温度保持在80-95°C,将锗衬底表面的Ge-H键转变成Ge-Cl键,取出之后用氯苯和四氢呋喃冲洗数次。

[0016] 所述步骤(4)中,将锗衬底浸入于四氢呋喃的烷基卤化镁(R-Mg-X)溶液中,其中R为链烃,X为卤素,溶液浓度为1mol/L,温度保持在70°C,时间在8-24小时,将锗衬底表面的Ge-Cl键转变成Ge-R,使得衬底表面形成Ge-R键,从而起到钝化的效果,取出之后用四氢呋喃和甲醇清洗数次。

[0017] 本实用新型的一优选技术方案中,R基选自饱和链烃和不饱和链烃,优选为饱和链烃;更优选R基为C_nH_{2n+1},其中n=1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12;更优选R基为C_nH_{2n+1},其中n=1,2,3,4。

[0018] 所述步骤(5)中,所述的高k值栅介质,选自Al₂O₃、Ti₂O₃、HfO₂、ZrO₂、La₂O₃中的一种或者两种以上相互的掺杂。

[0019] 所述步骤(6)中,通过掩模板在表面沉积金属电极。

[0020] 本实用新型优选技术方案中,采用N型<100>晶向的单晶锗衬底。

[0021] 本实用新型的第二方面,提供一种上述方法制备得到的锗基MOS器件,其结构依次由:锗衬底层,钝化层,高k值栅极介质层和金属电极构成。

[0022] 本实用新型优选技术方案中,所述钝化层为锗衬底层表面的Ge-R键。其中,R基选自饱和链烃和不饱和链烃,优选为饱和链烃;更优选R基为C_nH_{2n+1},其中n=1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12;更优选R基为C_nH_{2n+1},其中n=1,2,3,4。

[0023] 所述的高k值栅介质选自Al₂O₃、Ti₂O₃、HfO₂、ZrO₂、La₂O₃中的任一种或者两种以上相互掺杂。

[0024] 相比于现有技术中的解决方案,本实用新型的有益效果是:

[0025] 与在高k值材料和衬底之间插入一层钝化层的现有技术钝化方法相比,本实用新型的制备方法得到的锗基MOS器件不会在衬底表面形成一层介电常数较低的氧化物层,避免介电损失,能用显著提高氧化层介质的介电常数,从而降低等效氧化物厚度。与用卤素来钝化衬底表现相比,Ge-C键(Ge-CH₃之间的链接键)的键能(460kJ/mol)比Ge-卤素的键能大(Ge-Cl键的键能为356kJ/mol,Ge-Br为276kJ/mol,Ge-I为213kJ/mol)。本实用新型中,羟基对界面进行钝化的效果比卤素的效果要好。

[0026] 本方法利用羟基对锗衬底表面的钝化,有效地减小锗衬底与栅介质之间的界面态密度,明显提高了钝化效果。

附图说明

[0027] 下面结合附图及实施例对本实用新型作进一步描述:

[0028] 图1为本实用新型一实施例的ALD方法沉积高k值材料的锗基MOS器件衬底表面钝化方法的流程图;

[0029] 图2为本实用新型ALD方法沉积高k值材料的锗基MOS器件钝化流程的示意图。

[0030] 其中,1:锗衬底;2:Ge-H键;3:Ge-Cl键;4:Ge-R键;5:高k值介质;6:金属电极。

具体实施方式

[0031] 为了便于理解,以下将通过具体的实施例对本实用新型进行详细地描述。需要特别指出的是,这些描述仅仅是示例性的描述,并不构成对本实用新型范围的限制。依据本说明书的论述,本实用新型的许多变化、改变对所属领域技术人员来说都是显而易见的。

[0032] 结合附图,通过实施例对本实用新型进一步具体描述:

[0033] 步骤1.选择n型<100>晶向的单晶锗衬底1进行清洗:首先对锗衬底1用无水乙醇浸泡五分钟,在丙酮中超声清洗十分钟,再用无水乙醇浸泡五分钟,然后用去离子水冲洗干净,以去除衬底上的有机污染物,但不局限于此清洗方法,如图2a所示;

[0034] 步骤2.用HF溶液浸泡的方法除去表面氧化层并在表面形成Ge-H键2:具体过程如下:先用稀释的2%的HF溶液浸泡60秒,用去离子水冲洗1分钟,用氮气吹干。此过程能去除锗衬底1表面的自然氧化层并在表面形成Ge-H键2,如图2b所示;

[0035] 步骤3.将锗衬底1置于氯苯的饱和PCl₅溶液一小时,溶液温度保持在90°C,此过程能将锗衬底表面1的Ge-H键2转变成Ge-Cl键3,如图2c所示,取出之后用氯苯和四氢呋喃冲洗数次;

[0036] 步骤4.将锗衬底1浸入于四氢呋喃的烷基卤化镁(R-Mg-X)溶液中,其中R为链烃,X为卤素,此实施例采用的烷基卤化镁为甲基氯化镁,溶液浓度为1mol/L,温度保持在70°C,时间为20小时,此过程能将Ge-Cl键3转变成Ge-R4,本实施例中为Ge-CH₃,使得衬底表面形成Ge-CH₃键,从而起到钝化的效果,如图2d所示,取出之后用四氢呋喃和甲醇清洗数次。

[0037] 步骤5.沉积高k值材料,如为ZrO₂。通过用ALD的方法在钝化的锗衬底上沉积ZrO_{2.5},厚度为15nm,如图2e所示;

[0038] 步骤6.沉积金属电极,本实施例优选例采用电子束蒸发,通过掩模板,沉积了厚度为300nm的金,作为金属电极6,如图2f所示得到的锗基MOS器件。

[0039] 实施例2

[0040] 基本步骤同实施例1,但步骤(5)中采用的高k值材料为Al₂O₃。

[0041] 实施例3

[0042] 基本步骤同实施例2,但步骤(4)中,烷基卤化镁(R-Mg-X)为乙基氯化镁,步骤(5)中,采用的高k值材料为HfO₂。

[0043] 实施例4

[0044] 基本步骤同实施例3,但步骤(5)中,采用的高k值材料为Al₂O₃掺杂La₂O₃。

[0045] 以上显示和描述了本实用新型的基本原理、主要特征和本实用新型的优点。本行业的技术人员应该了解,本实用新型不受上述实例的限制,上述实例和说明书中描述的只是说明本实用新型的原理,在不脱离本实用新型精神和范围的前提下本实用新型还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本实用新型范围内。本实用新型要求保护范围由所附的权利要求书及其等同物界定。

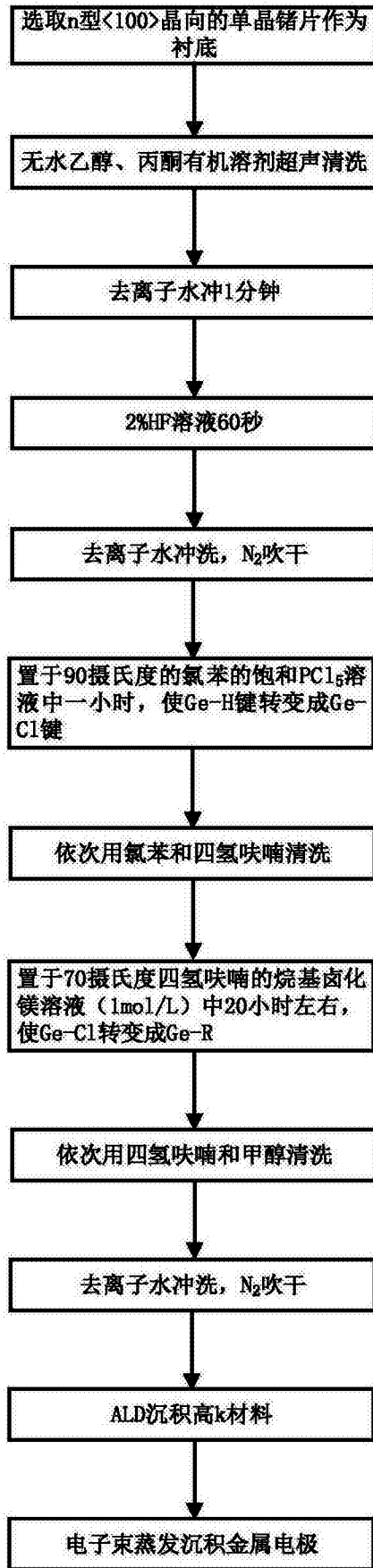


图1

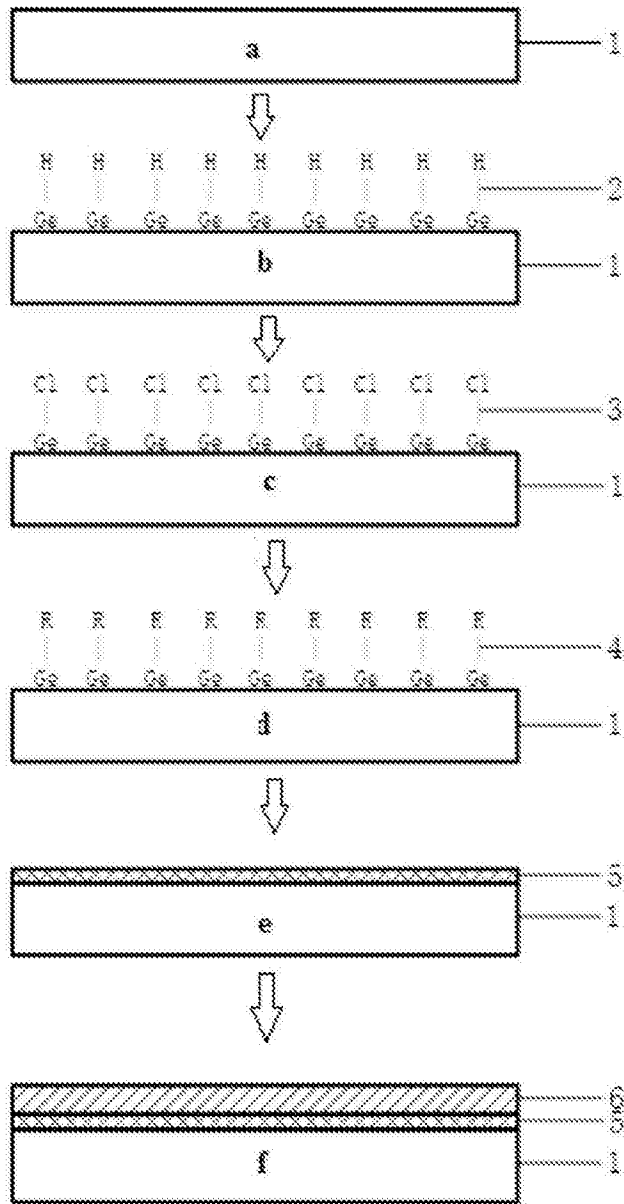


图2