



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109524304 A

(43)申请公布日 2019.03.26

(21)申请号 201811392399.7

(22)申请日 2018.11.21

(71)申请人 中国电子科技集团公司第十三研究所

地址 050051 河北省石家庄市合作路113号

(72)发明人 刘佳佳 樊帆 高渊 毕胜赢 崔玉兴

(74)专利代理机构 石家庄国为知识产权事务所 13120

代理人 赵宝琴

(51)Int.Cl.

H01L 21/324(2006.01)

H01L 29/16(2006.01)

H01L 29/423(2006.01)

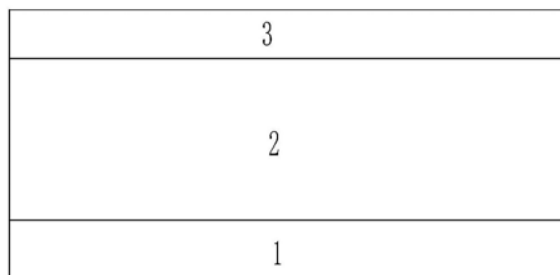
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法及碳化硅功率器件

(57)摘要

本发明提供了一种碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法及碳化硅功率器件,包括以下步骤,对圆片进行清洗;对经清洗的圆片表面进行电子回旋共振-氟等离子体处理;放入氧化炉进行氧化。本发明提供的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,在碳化硅进行干氧氧化前进行含氟等离子体处理,处理后的碳化硅在低温氧化设备中可实现碳化硅氧化,一方面避免使用传统退火工艺中的有毒气体,另一方面避免了采用特定的高温氧化退火设备,保证栅介质可靠性的同时,降低了工艺与设备成本,也降低了工艺的热预算。



1. 碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,其特征在于,包括以下步骤:  
对圆片进行清洗;  
对经清洗的圆片表面进行电子回旋共振-氟等离子体处理;  
放入氧化炉进行氧化,氧化温度不超过1200℃。
2. 如权利要求1所述的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,其特征在于,所述对经清洗的圆片表面进行电子回旋共振-氟等离子体处理,包括:  
处理时间为8min-10min,含氟气体流量为50ml/min-70ml/min,处理温度为400℃-600℃,腔体真空度为 $10^{-4}$ Pa,微波功率为500W-700W。
3. 如权利要求2所述的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,其特征在于,所述处理时间为9min-10min,含氟气体流量为55ml/min-65ml/min,处理温度为450℃-550℃,腔体真空度为 $10^{-4}$ Pa,微波功率为550W-650W。
4. 如权利要求3所述的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,其特征在于,所述处理时间为9min,含氟气体流量为60ml/min,处理温度为500℃,腔体真空度为 $10^{-4}$ Pa,微波功率为600W。
5. 如权利要求1所述的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,其特征在于,所述放入氧化炉进行氧化,包括:  
氧化温度不超过1200℃,氧化时间100min-150min。
6. 如权利要求5所述的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,其特征在于,所述氧化温度不超过1100℃,氧化时间110min-130min。
7. 如权利要求6所述的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,其特征在于,所述氧化温度为1000℃,氧化时间120min。
8. 如权利要求1所述的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,其特征在于,所述圆片自下至上包括碳化硅 $N^+$ 衬底和碳化硅 $N^-$ 外延层。
9. 如权利要求1所述的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,其特征在于,所述对圆片进行清洗,采用RCA清洗法进行清洗,所述RCA清洗法主要包括:  
先用含硫酸的酸性过氧化氢进行酸性氧化清洗;  
再用含胺的弱碱性过氧化氢进行碱性氧化清洗;  
接着用稀的氢氟酸溶液进行清洗;  
最后用含盐酸的酸性过氧化氢进行酸性氧化清洗;  
在每次清洗中间都要用超纯水进行漂洗,最后再用低沸点有机溶剂进行干燥。
10. 碳化硅功率器件,其特征在于,采用如权利要求1-9任一项所述的方法制备,包括碳化硅 $N^+$ 衬底、碳化硅 $N^-$ 外延层和二氧化硅层。

## 碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法及碳化硅功率器件

### 技术领域

[0001] 本发明属于半导体器件技术领域,更具体地说,是涉及一种碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法及碳化硅功率器件。

### 背景技术

[0002] 以碳化硅(SiC)为代表的第三代半导体材料具有禁带宽度大、临界场强高、热导率高等优越性能,是制备高压、大功率、抗辐照器件的理想材料之一。能够通过热氧化直接生长SiO<sub>2</sub>介质的优势加速了SiC MOSFET器件的发展(MOSFET是Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor的缩写,金属-氧化物半导体场效应晶体管,简称金氧半场效晶体管),但单纯采用干氧化得到的SiO<sub>2</sub>栅介质的界面质量很差,SiC/SiO<sub>2</sub>高界面态密度导致器件沟道载流子迁移率低、栅极漏电大、器件可靠性差等问题,制约了SiC MOSFET器件的发展。如何制备高质量的SiC栅介质是目前的研究热点之一。

[0003] 为了改善SiC/SiO<sub>2</sub>界面质量,降低界面态密度,提高栅介质的可靠性,目前主要研究集中在退火工艺,包括N<sub>2</sub>O或N<sub>2</sub>O气体退火、POCl<sub>3</sub>气体退火、Cl<sub>2</sub>退火等。其中氮或磷能与SiC/SiO<sub>2</sub>界面的悬挂键或碳团簇结合,从而钝化SiC/SiO<sub>2</sub>界面处界面态。传统退火工艺采用的气体多为有毒气体,且需要在特定的氧化炉中进行,氧化温度高达1300℃及以上,增加了工艺制备成本和难度。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,能够避免有毒气体及高温工艺等问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:提供一种碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,包括以下步骤:

[0006] 对圆片进行清洗;

[0007] 对经清洗的圆片表面进行电子回旋共振-氟等离子体处理;

[0008] 放入氧化炉进行氧化,氧化温度不超过1200℃。

[0009] 进一步地,所述对经清洗的圆片表面进行电子回旋共振-氟等离子体处理,包括:

[0010] 处理时间为8min-10min,含氟气体流量为50ml/min-70ml/min,处理温度为400℃-600℃,腔体真空度为10<sup>-4</sup>Pa,微波功率为500W-700W。

[0011] 进一步地,所述处理时间为9min-10min,含氟气体流量为55ml/min-65ml/min,处理温度为450℃-550℃,腔体真空度为10<sup>-4</sup>Pa,微波功率为550W-650W。

[0012] 进一步地,所述处理时间为9min,含氟气体流量为60ml/min,处理温度为500℃,腔体真空度为10<sup>-4</sup>Pa,微波功率为600W。

[0013] 进一步地,所述放入氧化炉进行氧化,包括:

[0014] 氧化温度不超过1200℃,氧化时间100min-150min。

[0015] 进一步地,所述氧化温度不超过1100℃,氧化时间110min-130min。

- [0016] 进一步地,所述氧化温度为1000℃,氧化时间120min。
- [0017] 进一步地,所述圆片自下至上包括碳化硅 $N^+$ 衬底和碳化硅 $N^-$ 外延层。
- [0018] 进一步地,所述对圆片进行清洗,采用RCA清洗法进行清洗,所述RCA清洗法主要包括:
- [0019] 先用含硫酸的酸性过氧化氢进行酸性氧化清洗;
- [0020] 再用含胺的弱碱性过氧化氢进行碱性氧化清洗;
- [0021] 接着用稀的氢氟酸溶液进行清洗;
- [0022] 最后用含盐酸的酸性过氧化氢进行酸性氧化清洗;
- [0023] 在每次清洗中间都要用超纯水进行漂洗,最后再用低沸点有机溶剂进行干燥。
- [0024] 本发明提供的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法的有益效果在于:与现有技术相比,本发明碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,在碳化硅进行干氧化前进行含氟等离子体处理,处理后的碳化硅在低温氧化设备中可实现碳化硅氧化,有效避免了有毒气体及高温工艺,由于不存在高温过程, $SiC/SiO_2$ 表面介质形貌较好,栅极漏电流较低,大大降低了工艺成本,提升栅介质的可靠性。
- [0025] 本发明另一目的在于提供一种碳化硅功率器件,包括碳化硅 $N^+$ 衬底、碳化硅 $N^-$ 外延层和二氧化硅层。该器件采用上述的方法制备,具有较好的形貌,栅极漏电流较低,栅介质的工作可靠。

### 附图说明

- [0026] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。
- [0027] 图1为本发明实施例提供的处理方法中使用的圆片的结构示意图;
- [0028] 图2为含氟等离子体对碳化硅圆片表面处理过程示意图;
- [0029] 图3为碳化硅氧化生长 $SiO_2$ 介质过程示意图。
- [0030] 其中,图中:
- [0031] 1-碳化硅 $N^+$ 衬底;2-碳化硅 $N^-$ 外延层;3-二氧化硅层。

### 具体实施方式

- [0032] 为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。
- [0033] 请一并参阅图1至图3,现对本发明提供的碳化硅栅介质氟等离子体的制处理方法进行说明。所述碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,包括以下步骤:
- [0034] 步骤1:对圆片进行清洗;
- [0035] 步骤2:对经清洗的圆片表面进行电子回旋共振-氟等离子体处理,也即电子回旋共振-等离子体增强金属有机物化学气相沉积(ECR-PEMOCVD),参见图2;
- [0036] 步骤3:放入氧化炉进行氧化,氧化温度不超过1200℃,形成二氧化硅层3作为保护

层,参见图3。

[0037] 本发明提供的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法,与现有技术相比,采用了一种含氟等离子体处理技术,在SiC进行干氧化前进行含氟等离子体处理,处理后的SiC在普通氧化设备中可实现SiC氧化,氧化温度不超过1200℃,有效避免了有毒气体及高温工艺,由于不存在高温过程,SiC/SiO<sub>2</sub>表面介质形貌较好,栅极漏电流较低,提升栅介质的可靠性。

[0038] 可见,本发明提出的是一种低温SiC栅介质的处理方法,在SiC进行干氧化前进行含氟等离子体处理,处理后的SiC在低温氧化设备中可实现SiC氧化,其目的一方面在于避免使用传统退火工艺中的有毒气体,另一方面避免了采用特定的高温氧化退火设备,保证栅介质的可靠性。主要用于微电子领域的SiC MOSFET器件栅介质的制作、SiC MOSFET器件的制备及相似类型器件的制备。

[0039] 本发明的优点在于:通过含氟等离子体处理来替代有毒气体的退火过程,氟可以与SiC/SiO<sub>2</sub>界面的界面态结合,达到降低界面态密度的效果。此外,含氟气体处理后的SiC表面可在常规氧化炉中就可以完成氧化,避免了高温氧化过程,大大降低了生产成本。

[0040] 请参阅图2,作为本发明提供的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法的一种具体实施方式,所述对经清洗的圆片表面进行电子回旋共振-氟等离子体处理,包括:处理时间为8min-10min,含氟气体流量为50ml/min-70ml/min,处理温度为400℃-600℃,腔体真空度为10<sup>-4</sup>Pa,微波功率为500W-700W。

[0041] 可选地,所述处理时间为9min-10min,含氟气体流量为55ml/min-65ml/min,处理温度为450℃-550℃,腔体真空度为10<sup>-4</sup>Pa,微波功率为550W-650W。

[0042] 可选地,所述处理时间为9min,含氟气体流量为60ml/min,处理温度为500℃,腔体真空度为10<sup>-4</sup>Pa,微波功率为600W。

[0043] 请参阅图3,作为本发明提供的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法的一种具体实施方式,放入氧化炉进行氧化过程,氧化温度不超过1200℃,氧化时间100min-150min。

[0044] 可选地,所述氧化温度不超过1100℃,氧化时间110min-130min。

[0045] 可选地,所述氧化温度为1000℃,氧化时间120min。

[0046] 参阅图1,作为本发明提供的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法的一种具体实施方式,圆片自下至上包括碳化硅N<sup>+</sup>衬底1和碳化硅N<sup>-</sup>外延层2。

[0047] 参见图1,作为本发明提供的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法的一种具体实施方式,对圆片采用RCA清洗法进行清洗,RCA清洗法主要包括:

[0048] 先用含硫酸的酸性过氧化氢进行酸性氧化清洗;

[0049] 再用含胺的弱碱性过氧化氢进行碱性氧化清洗;

[0050] 接着用稀的氢氟酸溶液进行清洗;

[0051] 最后用含盐酸的酸性过氧化氢进行酸性氧化清洗;

[0052] 在每次清洗中间都要用超纯水进行漂洗,最后再用低沸点有机溶剂进行干燥。

[0053] 本发明是在碳化硅外延材料上进行标准的RCA清洗,之后在SiC外延材料表面进行含氟等离子体处理,处理过后放入氧化炉中进行氧化生长SiO<sub>2</sub>介质。

[0054] 本发明提供的碳化硅栅介质氟等离子体的处理方法的一种具体实施方式,包括以下步骤:

[0055] 步骤1:将圆片进行标准的RCA清洗,附图1为碳化硅材料结构示意图,其中1为碳化硅 $N^+$ 衬底,2为碳化硅 $N^-$ 外延材料。

[0056] 步骤2:将清洗过的圆片放入ECR氟等离子体表面处理8min-10min,其中含氟的气体流量为60ml/min,处理温度为500℃,腔体真空度为 $10^{-4}$ Pa,微波功率为600W。附图2为碳化硅材料氟等离子体处理后的结构示意图。

[0057] 步骤3:将含氟等离子体处理后的圆片放入氧化炉中进行氧化处理,氧化温度不超过1200℃,氧化时间为120min,附图3为碳化硅材料氧化后的结构示意图,其中3为氧化生长的 $SiO_2$ 介质。

[0058] 其中,硅片清洗工艺采用RCA方法是半导体行业硅片的标准清洗方法,在此不再赘述。

[0059] 参见图3,本发明还提供一种在于提供一种碳化硅功率器件,该器件采用上述的方法制备,包括碳化硅 $N^+$ 衬底1、碳化硅 $N^-$ 外延层2和二氧化硅层3,具有较好的形貌,栅极漏电流较低,栅介质的工作可靠。

[0060] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

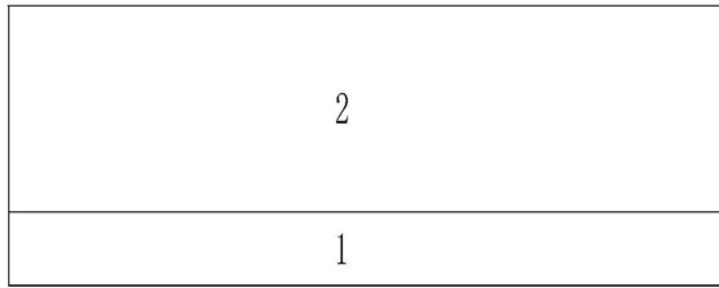


图1

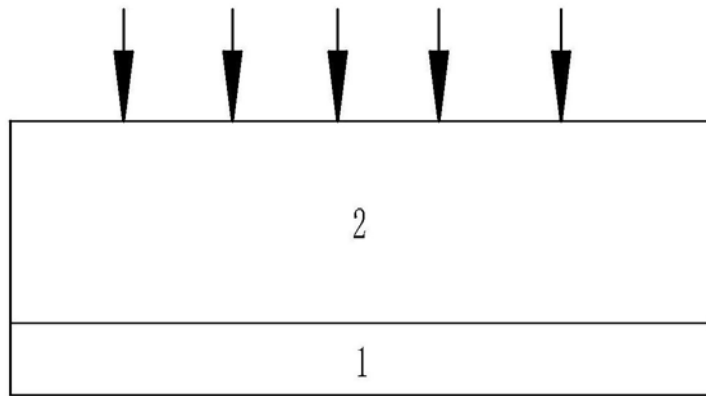


图2

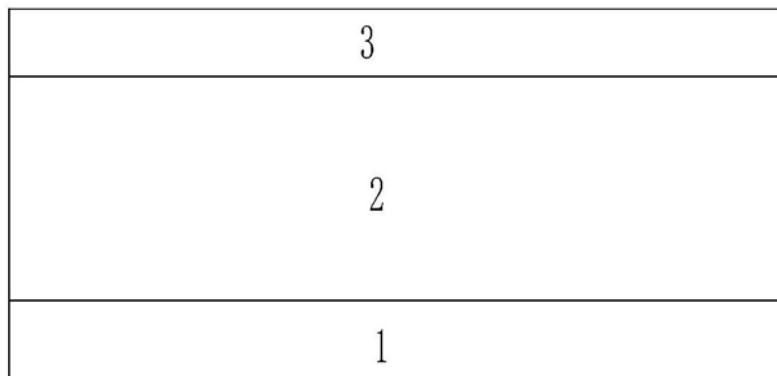


图3