



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114334609 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 12

(21) 申请号 202111539490.9

(22) 申请日 2021.12.16

(71) 申请人 中国电子科技集团公司第五十五研究所

地址 210016 江苏省南京市秦淮区中山东路524号

(72) 发明人 王翼 李赞 赵志飞 周平

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 孙昱

(51) Int. Cl.

H01L 21/02 (2006.01)

C30B 29/36 (2006.01)

C30B 25/02 (2006.01)

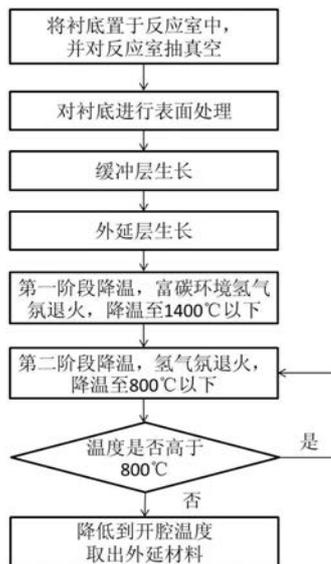
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法

(57) 摘要

本发明提供一种提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法,步骤包括:步骤一,将SiC衬底放置到反应室中,并抽真空;步骤二,将氢气通入反应室,通入碳源、硅源和掺杂源进行表面处理;步骤三,通入碳源、硅源和掺杂源通入反应室中进行缓冲层生长;步骤四,进行外延层生长和外延层掺杂;步骤五,第一阶段降温:关闭硅源和掺杂源,进行氢气氛退火处理,退火结束后关闭碳源;步骤六,第二阶段降温:进行氢气氛退火处理;步骤七,重复步骤六若干次直至达到温度要求;步骤八,降低到开腔温度,打开反应室取出碳化硅外延材料。本发明提供的方法工艺过程简单,适于工业化生产;最大限度地提高载流子寿命,且可避免长时间高温退火对材料表面的破坏。



1. 一种提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一,将SiC衬底放置到化学气相沉积设备的反应室中,并对反应室进行抽真空处理;

步骤二,将氢气通入反应室,将反应室压力调节至60-110mbar,温度升高至1600-1680℃,碳源、硅源和掺杂源流量调节至生长缓冲层所需流量并设置为排外,待温度稳定后对SiC衬底进行表面处理;

步骤三,保持反应室温度和压力不变,将碳源、硅源和掺杂源通入反应室中进行缓冲层生长;

步骤四,保持反应室温度和压力不变,将碳源和硅源流量线性调节至生长外延层所需流量进行外延层生长,将掺杂源调节至外延层所需流量并设置为排外,待掺杂源的流量保持稳定后将其通入反应室中进行外延层掺杂;

步骤五,第一阶段降温:关闭硅源和掺杂源,将温度降低至预设温度,待温度稳定后进行3-10min氢气氛退火处理,退火结束后关闭碳源;

步骤六,第二阶段降温:将温度降低,待温度稳定后进行氢气氛退火处理;

步骤七,重复步骤六若干次直至达到温度要求;

步骤八,降低到开腔温度,打开反应室取出碳化硅外延材料。

2. 根据权利要求1所述的提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法,其特征在于,步骤一中对反应室进行抽真空处理使反应室的真空度在 2×10^{-3} mbar以下。

3. 根据权利要求1所述的提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法,其特征在于,步骤三中通入碳源和硅源时控制 $0.5 \leq C/Si \text{比} \leq 1$;控制缓冲层的生长速率 $\leq 0.2 \mu\text{m}/\text{min}$;掺杂浓度 $\geq 1 \text{E}18 \text{cm}^{-3}$ 。

4. 根据权利要求1所述的提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法,其特征在于,步骤三和步骤四中所用碳源均为丙烷或乙烯;硅源均为硅烷或三氯氢硅;掺杂源是n型时为氮气,是p型时为三甲基铝。

5. 根据权利要求1所述的提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法,其特征在于,步骤四中控制 $0.8 \leq C/Si \text{比} \leq 1.1$ 。

6. 根据权利要求1所述的提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法,其特征在于,步骤五中第一阶段降温时保持碳源持续通入,将温度降低至1400℃以下,其中碳源流量为5-100ml/min。

7. 根据权利要求1所述的提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法,其特征在于,所述步骤六中第二阶段降温时温度降低100-200℃,退火时间为3-10min。

8. 根据权利要求1所述的提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法,其特征在于,步骤七中重复步骤六若干次直至温度低于800℃。

一种提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法

技术领域

[0001] 本发明属于碳化硅外延技术领域,具体涉及一种提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法。

背景技术

[0002] SiC材料具有高热稳定性、高击穿电场、高热导率和良好的开关特性等优点,是制备高压及大功率器件的理想材料,在现代化电力传输系统,尤其是在智能电网、新型能源、高压直流传输系统等领域起着至关重要的作用。随着高压大功率器件击穿电压不断提高,器件导通电阻和功耗也不断增加,单极性器件已经无法满足需求。双极型器件可以通过电导调制有效降低导通电阻,因此SiC双极型器件引起科研工作者的广泛关注。要使双极型器件实现有效的电导体制,要求材料具有足够长的少子寿命。然而, SiC外延层中存在着大量深能级缺陷,这些深能级缺陷作为复合中心,严重的制约着材料少子寿命。

[0003] 目前,提升SiC外延材料少子寿命的方法主要有热氧化法、碳注入退火法、碳沉积退火法、氢气退火法。但这些方法都是在材料生长结束后再使用其它设备和工艺对SiC外延材料进行二次处理,增加了工艺复杂度,且容易对材料造成污染。

发明内容

[0004] 为解决现有技术中提升SiC外延材料少子寿命的方法工艺复杂,且容易对材料造成污染的技术问题,本发明提供一种提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法。

[0005] 本发明采用如下技术方案:

一种提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法,包括以下步骤:

步骤一,将SiC衬底放置到化学气相沉积设备的反应室中,并对反应室进行抽真空处理;

步骤二,将氢气通入反应室,将反应室压力调节至60-110mbar,温度升高至1600-1680℃,碳源、硅源和掺杂源流量调节至生长缓冲层所需流量并设置为排外,待温度稳定后对SiC衬底进行表面处理;

步骤三,保持反应室温度和压力不变,将碳源、硅源和掺杂源通入反应室中进行缓冲层生长;

步骤四,保持反应室温度和压力不变,将碳源和硅源流量线性调节至生长外延层所需流量进行外延层生长,将掺杂源调节至外延层所需流量并设置为排外,待掺杂源的流量保持稳定后将其通入反应室中进行外延层掺杂;

步骤五,第一阶段降温:关闭硅源和掺杂源,将温度降低至预设温度,待温度稳定后进行3-10min氢气氛退火处理,退火结束后关闭碳源;

步骤六,第二阶段降温:将温度降低,待温度稳定后进行氢气氛退火处理;

步骤七,重复步骤六若干次直至达到温度要求;

步骤八,降低到开腔温度,打开反应室取出碳化硅外延材料。

[0006] 优选的,步骤一中对反应室进行抽真空处理使反应室的真空度在 2×10^{-3} mbar以下。

[0007] 优选的,步骤三中通入碳源和硅源时控制 $0.5 \leq C/Si$ 比 ≤ 1 ;控制缓冲层的生长速率 $\leq 0.2 \mu\text{m}/\text{min}$;掺杂浓度 $\geq 1E18\text{cm}^{-3}$ 。

[0008] 优选的,步骤三和步骤四中所用碳源均为丙烷或乙烯;硅源均为硅烷或三氯氢硅;掺杂源是n型时为氮气,是p型时为三甲基铝。

[0009] 优选的,步骤四中控制 $0.8 \leq C/Si$ 比 ≤ 1.1 。

[0010] 优选的,步骤五中第一阶段降温时保持碳源持续通入,将温度降低至 1400°C 以下,其中碳源流量为 $5-100\text{ml}/\text{min}$ 。

[0011] 优选的,所述步骤六中第二阶段降温时温度降低 $100-200^\circ\text{C}$,退火时间为 $3-10\text{min}$ 。

[0012] 优选的,步骤七中重复步骤六若干次直至温度低于 800°C 。

[0013] 与现有技术相比,本发明包括以下有益效果:

(1)热氧化、碳注入退火、碳沉积退火等技术均是在外延工艺结束后再使用其它设备对外延材料进行处理,涉及两种及以上的设备和工艺,较为复杂,不适于生产;本发明提供的技术方案利用外延生长结束后的降温过程对外延材料进行处理,在同一个工艺过程中完成载流子寿命的提升,不涉及多个设备和工艺,工艺过程简单,适于工业化生产;

(2)本发明中,利用生长结束后的降温过程对外延材料进行氢气氛退火,进一步对材料中的掺杂元素进行钝化,提高载流子寿命,并采用阶梯式降温实现多次退火,充分利用降温过程,最大限度地提高载流子寿命,且可避免长时间高温退火对材料表面的破坏;

(3)本发明中,在氢气氛退火过程中,引入碳源,营造富碳环境,退火过程中碳原子向外延层中扩散,从而在一定程度上消除材料中的碳空位,减少深能级缺陷中心,进一步提高载流子寿命,同时可减轻氢气对材料表面的刻蚀作用。

附图说明

[0014] 图1为本发明提高碳化硅外延材料少数载流子寿命的方法的流程图。

具体实施方式

[0015] 以下结合实施例对本发明作进一步的描述,实施例仅用于对本发明进行说明,并不构成对权利要求范围的限制,本领域技术人员可以想到的其他替代手段,均在本发明权利要求范围内。

[0016] 实施例1

提升在N型SiC衬底上制备的 $50\mu\text{m}$ 厚SiC外延材料的少数载流子寿命(分别用乙烯、三氯氢硅和氮气作碳源、硅源和掺杂源),如图1所示,包括以下步骤:

步骤一,将清洗过的N型SiC衬底放置到SiC化学气相沉积设备的反应室中,并对反应室进行抽真空处理,将真空度抽到 2×10^{-3} mbar;

步骤二,将高纯氢气通入反应室,并将反应室压力调节至80mbar,温度缓慢升高至 1650°C ,乙烯、三氯氢硅和氮气流量分别调节至 18sccm 、 75sccm 和 250sccm 并设置为排外,待温度稳定后保持 5min ,对SiC衬底进行表面处理;

步骤三,保持反应室温度和压力不变,将乙烯、三氯氢硅和氮气通入反应室中进行

缓冲层生长,生长时间为6min;

步骤四,保持反应室温度和压力不变,将乙烯和三氯氢硅流量分别调节至150sccm、300sccm进行外延层生长,将氮气流量设置为80sccm并设置为排外,待氮气的流量保持稳定后将其通入反应室中进行外延层掺杂,外延层生长时间为48min;

步骤五,关闭三氯氢硅和氮气,保持碳源持续通入,将温度降至1500℃,待温度稳定后进行3min退火处理,之后将温度降低100℃至1400℃,待温度稳定后进行3min退火处理,关闭乙烯;

步骤六,将温度降低100℃,待温度稳定后进行3min退火处理;

步骤七,重复步骤六6次,直至温度降低至800℃;

步骤八,将反应室温度降到允许打开的温度,将反应室真空度抽到 1×10^{-1} mbar,然后通入氩气并将反应室压力升高至一个大气压,关闭氩气,打开反应室取出碳化硅外延材料。

[0017] 实施例2

提升在N型SiC衬底上制备的50μm厚SiC外延材料的少数载流子寿命,利用氯化氢辅助处理衬底表面(分别用乙烯、三氯氢硅和氮气作碳源、硅源和掺杂源)。

[0018] 步骤一,将清洗过的SiC衬底放置到SiC化学气相沉积设备的反应室中,并对反应室进行抽真空处理,将真空度抽到 2×10^{-3} mbar;

步骤二,将高纯氢气通入反应室,并将反应室压力调节至80mbar,温度缓慢升高至1650℃,乙烯、三氯氢硅、氮气和氯化氢的流量分别调节至18sccm、75sccm、250sccm和10sccm并设置为排外,待温度稳定后将氯化氢通入反应室保持3min,对SiC衬底进行表面处理;

步骤三,保持反应室温度和压力不变,将乙烯、三氯氢硅和氮气通入反应室中进行缓冲层生长,生长时间为5min;

步骤四,保持反应室温度和压力不变,将乙烯和三氯氢硅流量分别调节至150sccm、300sccm进行外延层生长,将氮气流量设置为80sccm并设置为排外,待氮气的流量保持稳定后将其通入反应室中进行外延层掺杂,外延层生长时间为48min;

步骤五,关闭三氯氢硅和氮气,将温度降至1400℃,待温度稳定后进行5分钟氢气氛退火处理,退火结束后关闭乙烯;

步骤六,将温度降低100℃,待温度稳定后进行5分钟氢气氛退火处理;

步骤七,重复步骤六6次直至温度降低至800℃;

步骤八,将反应室温度降到允许打开的温度,将反应室真空度抽到 1×10^{-1} mbar,然后通入氩气并将反应室压力升高至一个大气压,关闭氩气,打开反应室取出碳化硅外延材料。

[0019] 应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

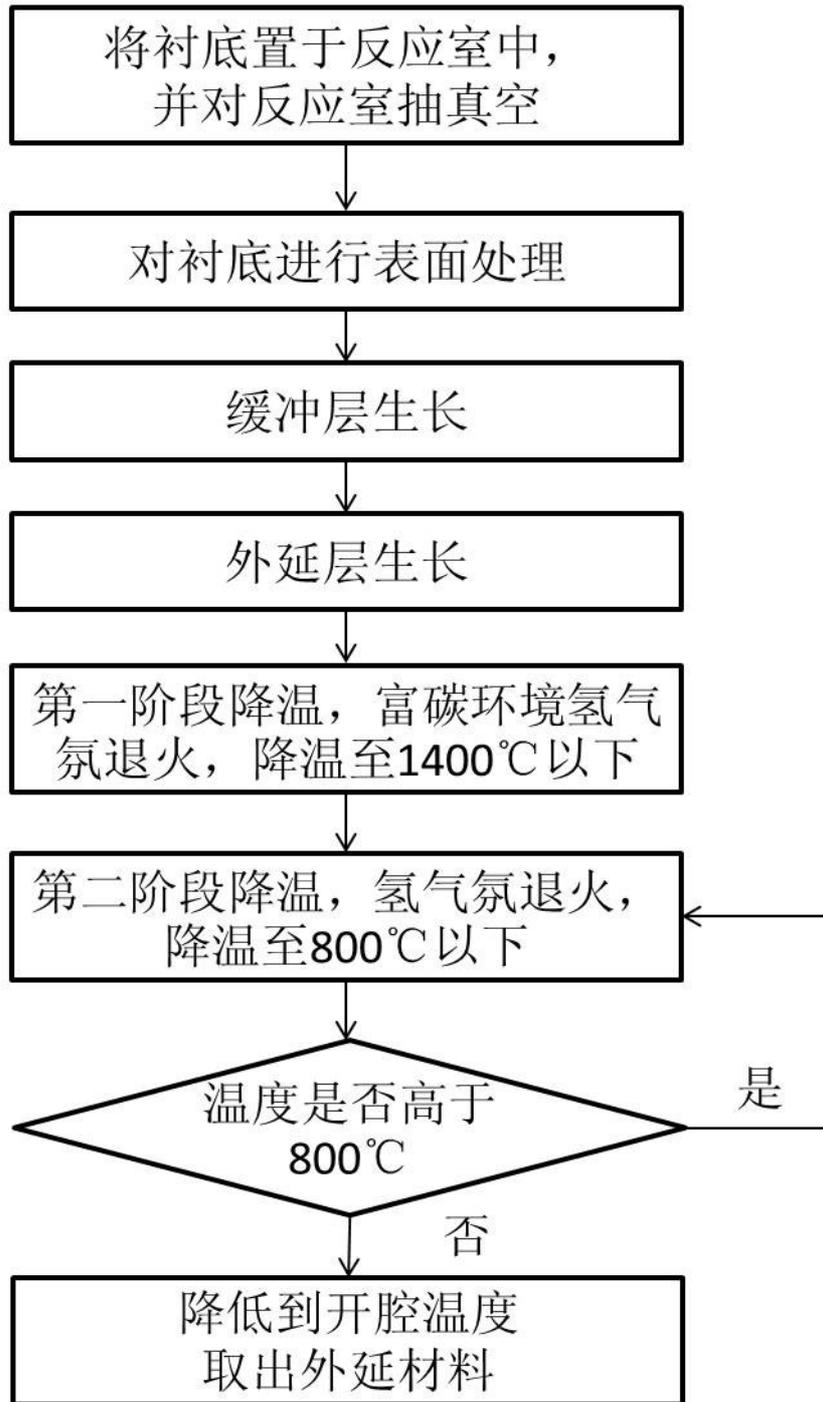


图1