



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108598036 B

(45)授权公告日 2020.03.27

(21)申请号 201810667077.2

(22)申请日 2018.06.26

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108598036 A

(43)申请公布日 2018.09.28

(73)专利权人 苏州汉骅半导体有限公司  
地址 215000 江苏省苏州市工业园区金鸡湖大道99号苏州纳米城西北区11幢303室

(72)发明人 倪贤锋 范谦 何伟

(51)Int.Cl.  
H01L 21/683(2006.01)  
H01L 21/335(2006.01)  
H01L 29/778(2006.01)

(56)对比文件

W0 2009073866 A1,2009.06.11,  
W0 2009073866 A1,2009.06.11,  
W0 2006113539 A2,2006.10.26,

审查员 孙健

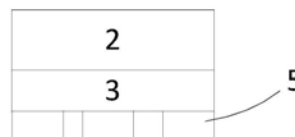
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

金刚石基氮化镓器件制造方法

(57)摘要

本发明涉及一种金刚石基氮化镓器件制造方法,包括:在衬底上生长氮化镓缓冲层;在所述氮化镓缓冲层上粘合临时载片;去除所述衬底,并倒置形成的临时载片-氮化镓缓冲层结构;在倒置后的氮化镓缓冲层上形成介质层;在所述介质层上按预设图案选择性的生长金刚石形核层;所述金刚石形核层生长形成图案化的金刚石层;去除所述临时载片,并将形成的氮化镓缓冲层-介质层-金刚石层结构倒置。综上所述,本申请所提供的金刚石基的氮化镓器件制造方法,通过形成图案化的金刚石层,大幅降低金刚石与氮化镓之间的应力,从而降低大晶圆尺寸金刚石基氮化镓器件的制造难度,有利于大晶圆尺寸金刚石基氮化镓器件的产业化。



1. 一种金刚石基氮化镓器件制造方法,其特征在于,包括:  
在衬底上生长氮化镓缓冲层;  
在所述氮化镓缓冲层上粘合临时载片;  
去除所述衬底,并倒置形成的临时载片-氮化镓缓冲层结构;  
在倒置后的氮化镓缓冲层上形成介质层;  
在所述介质层上按预设图案选择性的生长金刚石形核层;  
所述金刚石形核层生长形成图案化的金刚石层;  
去除所述临时载片,并将形成的氮化镓缓冲层-介质层-金刚石层结构倒置。
2. 根据权利要求1所述的金刚石基氮化镓器件制造方法,其特征在于,形成所述金刚石形核层的步骤包括:  
在所述介质层上依次形成掩膜层;  
在所述掩膜层上光刻出需要刻蚀的图案部分;  
对图案部分进行刻蚀,暴露出部分介质层;  
在暴露出的部分介质层上生长金刚石形核层;  
去除剩余的掩膜层。
3. 根据权利要求1所述的金刚石基氮化镓器件制造方法,其特征在于,所述氮化镓缓冲层上粘合临时载片的步骤包括:  
在所述临时载片的正面旋涂粘合剂;  
将所述临时载片正面朝上进行烘烤;  
待所述临时载片冷却后,将所述氮化镓缓冲层与所述临时载片正面相对进行粘合。
4. 根据权利要求1所述的金刚石基氮化镓器件制造方法,其特征在于,将形成的氮化镓缓冲层-介质层-金刚石层结构倒置之后,还包括:在所述氮化镓缓冲层上依次生长势垒层和沟道层。
5. 根据权利要求4所述的金刚石基氮化镓器件制造方法,其特征在于,在所述沟道层上设置源极、漏极和栅极。
6. 根据权利要求1所述的金刚石基氮化镓器件制造方法,其特征在于,将形成的氮化镓缓冲层-介质层-金刚石层结构倒置之后,还包括:在暴露出的氮化镓缓冲层上依次生长沟道层和势垒层。
7. 根据权利要求6所述的金刚石基氮化镓器件制造方法,其特征在于,在所述势垒层上设置源极、漏极和栅极。

## 金刚石基氮化镓器件制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体制造领域,特别是涉及一种金刚石基氮化镓器件制造方法。

### 背景技术

[0002] 作为第三代半导体材料的代表,氮化镓(氮化镓)具有许多优良的特性,高临界击穿电场、高电子迁移率、高二维电子气浓度和良好的高温工作能力等。基于氮化镓的第三代半导体器件,如高电子迁移率晶体管(HEMT)、异质结场效应晶体管(HFET)等已经得到了应用,尤其在射频、微波等需要大功率和高频率的领域具有明显优势。

[0003] 现有的基于金刚石的氮化镓射频器件在制造过程中,由于金刚石和氮化镓之间存在晶格失配和热失配,随着晶圆尺寸的增大,会形成巨大的晶片弯曲,增加后续工艺的难度。

### 发明内容

[0004] 基于此,有必要针对上述问题,提供一种金刚石基氮化镓器件制造方法。

[0005] 本发明提供一种金刚石基氮化镓器件制造方法,包括:

[0006] 在衬底上生长氮化镓缓冲层;

[0007] 在所述氮化镓缓冲层上粘合临时载片;

[0008] 去除所述衬底,并倒置形成的临时载片-氮化镓缓冲层结构;

[0009] 在倒置后的氮化镓缓冲层上形成介质层;

[0010] 在所述介质层上按预设图案选择性的生长金刚石形核层;

[0011] 所述金刚石形核层生长形成图案化的金刚石层;

[0012] 去除所述临时载片,并将形成的氮化镓缓冲层-介质层-金刚石层结构倒置。

[0013] 在一个实施例中,形成所述金刚石形核层的步骤包括:

[0014] 在所述介质层上依次形成掩膜层;

[0015] 在所述掩膜层上光刻出需要刻蚀的图案部分;

[0016] 对图案部分进行刻蚀,暴露出部分介质层;

[0017] 在暴露出的部分介质层上生长金刚石形核层;

[0018] 去除剩余的掩膜层。

[0019] 在一个实施例中,形成所述金刚石形核层的步骤包括,所述氮化镓缓冲层上粘合临时载片的步骤包括:

[0020] 在所述临时载片的正面旋涂粘合剂;

[0021] 将所述临时载片正面朝上进行烘烤;

[0022] 待所述临时载片冷却后,将所述氮化镓缓冲层与所述临时载片正面相对进行粘合。

[0023] 在一个实施例中,将形成的氮化镓缓冲层-介质层-金刚石层结构倒置之后,还包括:在所述氮化镓缓冲层上依次生长势垒层和沟道层。

[0024] 在一个实施例中,在所述沟道层上设置源极、漏极和栅极。

[0025] 在一个实施例中,将形成的氮化镓缓冲层-介质层-金刚石层结构倒置之后,还包括:在所述暴露出的氮化镓缓冲层上依次生长沟道层和势垒层。

[0026] 在一个实施例中,在所述势垒层上设置源极、漏极和栅极。

[0027] 本申请所提供的金刚石基的氮化镓器件制造方法,通过形成图案化的金刚石层,大幅降低金刚石与氮化镓之间的应力,从而降低大晶圆尺寸(50mm及以上尺寸)金刚石基氮化镓器件的制造难度,有利于大晶圆尺寸金刚石基氮化镓器件的产业化。

## 附图说明

[0028] 图1-图10为根据本发明的一些实施例的金刚石基氮化镓器件的示意图。

[0029] 图中标号:

[0030] 1-衬底;2-氮化镓缓冲层;3-介质层;4-金刚石形核层;5-金刚石层;6-势垒层;7-沟道层;8-源极;9-漏极;10-栅极;11-临时载片。

## 具体实施方式

[0031] 以下结合附图和具体实施例对本发明提出的金刚石基氮化镓器件制造方法作进一步详细说明。根据下面说明和权利要求书,本发明的优点和特征将更清楚。需说明的是,附图均采用非常简化的形式且均使用非精准的比例,仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

[0032] 本实施例中所提供的金刚石基氮化镓器件制造方法请参考图1-图8,所述方法包括:

[0033] S1:在衬底1上依次生长氮化镓缓冲层2。

[0034] 其中,所述衬底1材料包括但不限于蓝宝石、碳化硅、硅、氮化镓和氮化铝等材料。为了生长所述氮化镓缓冲层2,可以先用化学试剂如丙酮和甲醇清洗所述衬底1表面,然后利用氮气干燥,再通过金属有机化学气相沉积或者分子束外延或者直流溅射的方法,在气体环境(氢气或者氮气或者氢气氮气混合气体)或者真空将衬底加热到一定温度(可以是100℃-120℃),氮化镓生长在所述衬底1上,从而形成氮化镓缓冲层2(图1所示)。所述形成氮化镓缓冲层2的具体工艺条件可以根据实际情况选择。

[0035] S2:在所述氮化镓缓冲层2上粘合临时载片11。

[0036] 其中,所述临时载片11可以是硅片。为将临时载片11与所述氮化镓缓冲层2粘合,可以先在临时载片11的正面旋涂粘合剂,然后将所述临时载片11正面朝上放在热板上进行烘烤,烘烤完之后将所述临时载片11放在室温下自然冷却,待所述临时载片11冷却后,将所述氮化镓缓冲层2与所述临时载片11正面相对进行粘合,使临时载片11和所述氮化镓缓冲层2粘为一体,形成如图2所示的结构。

[0037] S3:去除所述衬底1,并倒置形成的临时载片11-氮化镓缓冲层2结构。

[0038] 通过激光剥离、衬底抛光、干法刻蚀或者湿法刻蚀中任一种或者多种方法的叠加去除所述衬底1,具体采用何种方法可以根据实际的衬底材料选择。去除衬底1之后,只剩下临时载片11-氮化镓缓冲层2的结构。然后将临时载片11-氮化镓缓冲层2的结构倒置,形成如图3所示的结构。

[0039] S4:在倒置后的氮化镓缓冲层2上形成介质层3;

[0040] 倒置后的氮化镓缓冲层2位于所述临时载片11的上方,为了帮助后续生长的金刚石层在氮化镓缓冲层2上生长,需要在所述氮化镓缓冲层2上形成一层介质层3,所述介质层3材料包括但不限于为SiN、AlN或者SiO<sub>2</sub>。介质层3的一个主要作用是防止在金刚石生长中使用的氢离子刻蚀损伤下面的氮化镓层2。形成后的介质层3、氮化镓缓冲层2和临时载片11的结构如图4所示。

[0041] S5:在所述介质层3上按预设图案选择性的生长金刚石形核层4;

[0042] 其中,在所述介质层3上,可以先生长掩膜层,然后在所述掩膜层上按预先设定好的图案光刻出图案部分,之后对图案部分进行刻蚀,使相应位置的介质层3暴露出来,再在暴露出的介质层3上生长金刚石形核层4,所述金刚石形核层4生长完成之后,去除剩余的掩膜层,形成如图5所示的结构。具体的,所述掩膜层可以为光刻胶。所述刻蚀可以为干法刻蚀或者为湿法刻蚀。可以采用金刚石微粉研磨图案化的介质层,或者金刚石粉悬浊液预处理的方法生长所述金刚石形核层4,所述金刚石形核层4可以是不同的形状和大小,形成所述金刚石形核层4的工艺条件需要根据所述金刚石形核层的形状和大小选择。

[0043] S6:所述金刚石形核层4生长形成图案化的金刚石层5。

[0044] 由于在前一步骤中选择性的形成了金刚石形核层4,因此可以控制金刚石的生长条件(包括但不限于甲烷浓度,生长压力),使金刚石层5只会生长在金刚石形核层4上,从而使金刚石形核层4变为图案化的金刚石层5,形成如图6所示的结构。可以通过CVD(化学气相沉积)生长的方式形成所述金刚石层5,所述CVD生长的具体工艺与所述金刚石的厚度相关。所述金刚石层5的厚度为25um-100um。相比于完整的金刚石层,图案化的金刚石层5可以大幅减小在大尺寸晶圆上,由金刚石和氮化镓之间的热失配和晶格失配产生的应力,减小晶圆弯曲的风险。

[0045] 图7示出了一种金刚石层的图案,本实施例中,所述金刚石层5由阴影部分图形组成,方框内表示没有金刚石层覆盖的区域。所述金刚石层5可以仅覆盖氮化镓微波集成电路中器件发热较大的部分(高功率放大器和\或其它发热量大的器件所在的位置),能够起到较好的散热效果。在其他实施例中,所述金刚石层5可以由其它图形组成。可以理解的是,所述金刚石层5图案的形状和大小可以根据实际情况选择。需要说明的是,图4中仅示意性的表示出了金刚石层覆盖的区域,实际生产中,金刚石层覆盖的区域的图案会更复杂,可以理解的是,这不会妨碍本领域技术人员对方案的理解。

[0046] S7:去除所述临时载片11,并将形成的氮化镓缓冲层2-介质层3-金刚石层结构5倒置。

[0047] 其中,可以通过加入或者溶解的方式去临时载片11与所述氮化镓缓冲层2之间的粘合剂,使临时载片11与所述氮化镓缓冲层2剥离,从而剩下氮化镓缓冲层2-介质层3-金刚石层5的晶体结构。然后通过机械手将所述晶体结构翻转,使晶体结构倒置,即原先从下到上依次为氮化镓缓冲层2、介质层3和金刚石层5的结构变为从下到上依次为金刚石层5、介质层3和氮化镓缓冲层2的结构,形成如图8所示的结构。

[0048] 所述晶体结构被倒置之后,根据所述氮化镓缓冲层2的极性选择生长何种材料。如果是氮面极性的氮化镓缓冲层2,则在所述氮化镓缓冲层2上依次生长势垒层6和沟道层7。所述氮化镓缓冲层2与所述势垒层6相接触的表面为氮面极性。然后在所述沟道层7上分别

形成源极8、漏极9和栅极10,其中所述栅极10位于所述源极8和漏极9之间。最终形成图9所示的氮面极性的氮化镓器件。

[0049] 如果是镓面极性的氮化镓缓冲层2,则在所述氮化镓缓冲层2上依次生长沟道层7和势垒层6。所述氮化镓缓冲层2与所述沟道层7相接触的表面为镓面极性。然后在势垒层6上分别形成源极8、漏极9和栅极10,其中所述栅极10位于所述源极8和漏极9之间。最终形成图10所示的镓面极性的氮化镓器件。

[0050] 所述势垒层6材料包括但不限于AlGa<sub>N</sub>或者InAl<sub>N</sub>,所述势垒层6的厚度为3nm-100nm。所述势垒层6可以通过金属有机化学气相沉积或者分子束外延或者直流溅射的方法生长形成。

[0051] 所述沟道层7材料包括但不限于Ga<sub>N</sub>或者InGa<sub>N</sub>。所述沟道层7与所述势垒层6相接触的表面存在有二维电子气(图7与图8中虚线所示),所述二维电子气具有高电子密度和高电子迁移率。所述沟道层7可以通过金属有机化学气相沉积或者分子束外延或者直流溅射的方法生长形成。

[0052] 所述源极8和漏极9可以为钛、铝、镍、金中任意多种组成的合金;所述栅极10可以为镍/金或者铂/金构成的金属叠层。形成所述源极8、漏极9和栅极10的工艺为现有技术,此处不再进行阐述。

[0053] 综上所述,本申请所提供的金刚石基的氮化镓器件制造方法,通过形成图案化的金刚石层,大幅降低金刚石与氮化镓之间的应力,从而降低大晶圆尺寸(50mm及以上尺寸)金刚石基氮化镓器件的制造难度,有利于大晶圆尺寸金刚石基氮化镓器件的产业化。

[0054] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0055] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

2
1

图1

11
2
1

图2

2
11

图3

3
2
11

图4

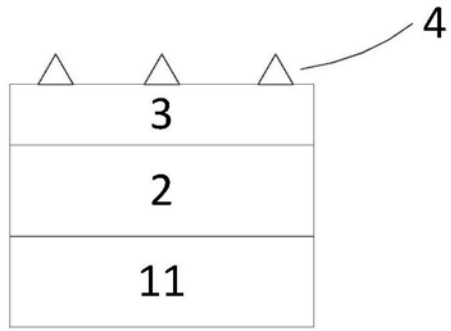


图5

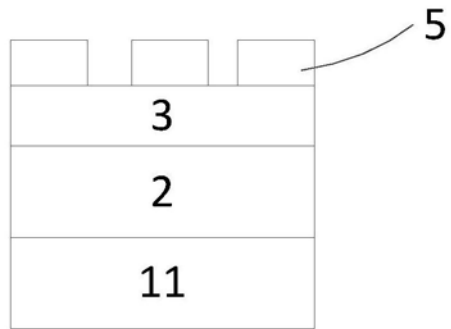


图6

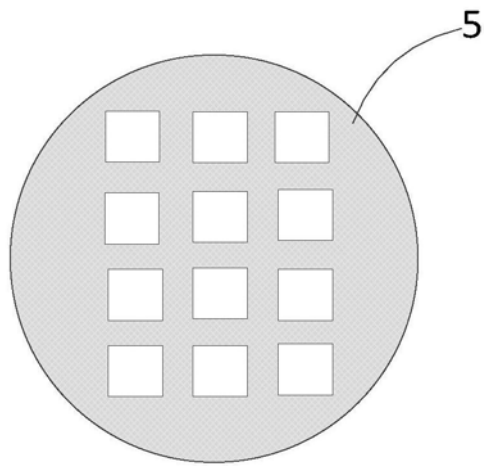


图7



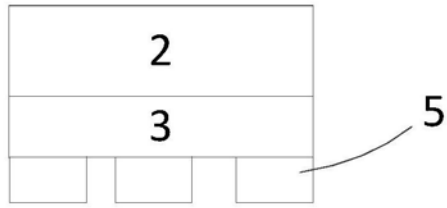


图8

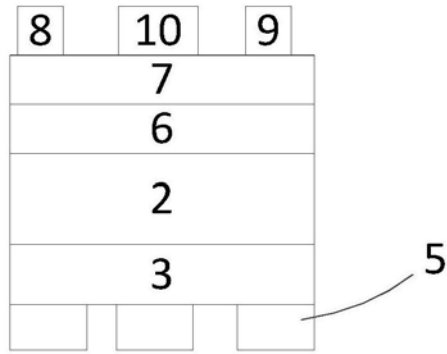


图9

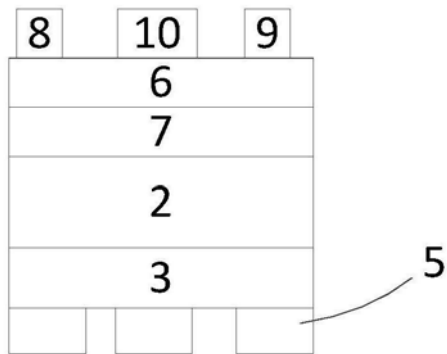


图10