



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107170671 A

(43)申请公布日 2017.09.15

(21)申请号 201710483029.3

H01L 29/778(2006.01)

(22)申请日 2017.06.22

(71)申请人 广东省半导体产业技术研究院
地址 510651 广东省广州市天河区长兴路
363号

(72)发明人 任远 陈志涛 刘晓燕 刘宁炆
刘久澄 李叶林

(74)专利代理机构 广东世纪专利事务所 44216
代理人 刘卉

(51) Int. Cl.
H01L 21/265(2006.01)
H01L 21/335(2006.01)
H01L 29/06(2006.01)
H01L 29/45(2006.01)
H01L 29/47(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

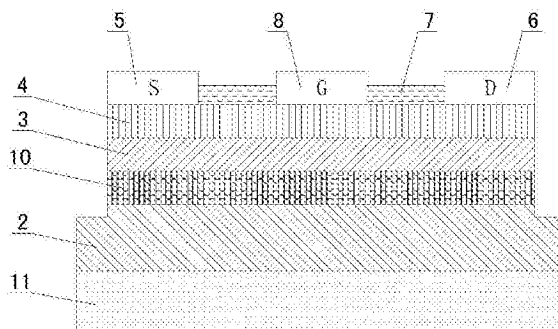
(54)发明名称

一种基于离子注入的GaN功率器件及其制造方法

(57)摘要

一种基于离子注入的GaN功率器件及其制造方法,包括由下往上依次设置的GaN缓冲层、GaN沟道层和AlGaN势垒层,所述AlGaN势垒层上设置有源电极、栅电极和漏电极,其中所述源电极和漏电极均为欧姆接触,所述栅电极为肖特基接触,且各电极之间覆盖有与AlGaN势垒层相连接的钝化层,所述AlGaN势垒层与GaN沟道层为异质结构且在两者的界面处由于极化效应而形成有作为GaN功率器件横向工作导电沟道的二维电子气,所述GaN缓冲层中由GaN缓冲层的底面通过离子注入形成有离子隔离区,所述离子隔离区位于GaN缓冲层的上部并与GaN沟道层相连接,且所述GaN缓冲层中设置了离子隔离区后而在GaN缓冲层的底面键合有高导热衬底。本发明由于采用在GaN缓冲层中通过离子注入形成有隔离区,将GaN沟道与GaN缓冲层隔离开,从而减少了器件漏电流并提高击穿电压。

CN 107170671 A



1. 一种基于离子注入的GaN功率器件,其特征在于:包括由下往上依次设置的GaN缓冲层(2)、GaN沟道层(3)和AlGaN势垒层(4),所述AlGaN势垒层(4)上设置有源电极(5)、栅电极(8)和漏电极(6),其中所述源电极(5)和漏电极(6)均为欧姆接触,所述栅电极(8)为肖特基接触,且各电极之间覆盖有与AlGaN势垒层(4)相连接的钝化层(7),所述AlGaN势垒层(4)与GaN沟道层(3)为异质结构且在两者的界面处由于极化效应而形成有作为GaN功率器件横向工作导电沟道的二维电子气,所述GaN缓冲层(2)中由GaN缓冲层(2)的底面通过离子注入形成有离子隔离区(10),所述离子隔离区(10)位于GaN缓冲层(2)的上部并与GaN沟道层(3)相连接,且所述GaN缓冲层(2)中设置了离子隔离区(10)后而在GaN缓冲层(2)的底面键合有高导热衬底(11)。

2. 一种基于离子注入的GaN功率器件的制造方法,该方法用于制造上述权利要求1所述的GaN功率器件,其特征在于包括以下步骤:

① 利用金属有机化学气相沉积法在生长衬底(1)上依次外延生长GaN缓冲层(2)、GaN沟道层(3)和AlGaN势垒层(4);

② 在AlGaN势垒层(4)上使用紫外光刻制备第一次掩膜,作为有源区台面刻蚀的图案,并使用干法刻蚀工艺进行台面刻蚀以实现分立的GaN功率器件,刻蚀深度为50nm~200nm;

③ 通过光刻在AlGaN势垒层(4)上进行第二次掩膜制备,蒸镀源电极和漏电极的金属,并使用有机溶剂进行超声对金属剥离,获得源电极(5)和漏电极(6)的金属图形,且通过快速热退火工艺实现源电极(5)和漏电极(6)与AlGaN势垒层(4)的欧姆接触;

④ 在AlGaN势垒层(4)的表面上沉积厚度为50nm~500nm的钝化层(7),并使用光刻制备掩膜,在钝化层(7)上刻蚀源电极窗口、漏电极窗口以及栅槽;

⑤ 在栅槽中沉积用于形成栅电极(8)的金属,且栅电极(8)与AlGaN势垒层(4)形成肖特基接触;

⑥ 在钝化层(7)的表面上制备一层覆盖了源电极(5)、漏电极(6)和栅电极(8)的绝缘层作为临时转移层(9);

⑦ 去除生长衬底(1),露出GaN缓冲层(2)的底面,并从GaN缓冲层(2)的底面通过离子注入而在GaN缓冲层(2)中形成一高阻的离子隔离区(10),且该离子隔离区(10)位于GaN缓冲层(2)的上部并与GaN沟道层(3)相连接;

⑧ 在GaN缓冲层(2)的底面上生长一层键合材料,并通过该层键合材料键合有高导热衬底(11);

⑨ 去除临时转移层(9),完成整个GaN功率器件的制备。

3. 根据权利要求2所述的基于离子注入的GaN功率器件的制造方法,其特征在于:所述源电极和漏电极的金属均选自Ti、Al、Mo、Au、Ni、W中的一种或几种的组合或它们的合金,厚度为50~200 nm,且快速热退火工艺是在氮气环境下进行,处理温度为700~950℃。

4. 根据权利要求2所述的基于离子注入的GaN功率器件的制造方法,其特征在于:所述钝化层选择由PECVD、LPCVD、ALD或Sputter沉积制备的SiN_x、SiO₂、SiNO、Al₂O₃、AlN中的一种或多种。

5. 根据权利要求2所述的基于离子注入的GaN功率器件的制造方法,其特征在于:所述栅电极的金属选自Ni、Au、Pt、Al、TiW、TiN中的一种或几种的组合,厚度为50~200nm。

6. 根据权利要求2所述的基于离子注入的GaN功率器件的制造方法,其特征在于:所述

键合材料为Au、Sn、In、Ti、Ni、Pt、Pb中的一种或几种的组合或它们的合金。

7. 根据权利要求2所述的基于离子注入的GaN功率器件的制造方法,其特征在于:所述键合的温度为200~350℃,压力为0~5000 Kg。

8. 根据权利要求2所述的基于离子注入的GaN功率器件的制造方法,其特征在于:所述高导热衬底为热导性好的硅或铜或碳化硅或陶瓷。

9. 根据权利要求2所述的基于离子注入的GaN功率器件的制造方法,其特征在于:所述去除生长衬底的方法为激光剥离法、光辅助电化学法腐蚀法、湿法腐蚀法、研磨法、抛光法、ICP/RIE干法刻蚀法中的一种或几种的组合。

10. 根据权利要求2所述的基于离子注入的GaN功率器件的制造方法,其特征在于:所述离子注入是使用Fe、C、B、Zn、Al中的一种或多种元素,并采用 20KeV ~150KeV 的能量进行注入,注入剂量为 $10^{12} \sim 10^{16}/\text{cm}^2$ 。

一种基于离子注入的GaN功率器件及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件领域,具体是涉及一种基于离子注入的GaN功率器件及其制造方法。

背景技术

[0002] 作为第三代宽禁带半导体材料的代表,GaN是继以 Si、Ge 为代表的第一代及以 GaAs、InP 为代表的第二代半导体材料之后,近二三十年来发展起来的新型半导体材料。GaN材料具有临界击穿场强高、禁带宽度大、载流子迁移率高、饱和电子漂移速度高、热导率大等特点,具备传统 Si 材料无法比拟的优势,非常适合于制作高温(300℃以上)、大功率、低损耗的电力电子器件,可实现系统的小型化、轻量化和低成本化,且可在提高系统驱动能力的情况下使系统更加高效节能。

[0003] 尽管近年来 GaN 基电力电子器件取得了巨大进展,但仍然面临着一些关键技术问题,如功率器件耐压偏低、关态漏电流较大、可靠性差等。目前,成熟的GaN功率器件多采用横向传导进行工作,由AlGaN势垒层与GaN沟道层之间极化效应形成的二维电子气作为导电沟道。在生长GaN沟道层之前需要沉积一层GaN缓冲层,用来改善材料质量,减少位错,增强绝缘性,实现更好的沟道关断。

[0004] 目前,报道的器件击穿电压还远小于GaN材料的理论极限。一个主要原因是电流通过位错或缺陷进入GaN缓冲层甚至生长衬底导致器件的提前击穿。提高耐压可通过高质量外延以及加大GaN缓冲层材料厚度来实现,但是材料生长使用金属有机化学气相外延,沉积速率缓慢,生产成本很高,生长条件调控复杂。另一种提高耐压的方法是对GaN缓冲层进行受主掺杂,通过在 GaN 体材料中引入一定量的受主杂质,来补偿过剩的电子,从而降低体材料漏电,提高击穿电压。但是这些受主杂质会导致器件可靠性降低,动态特性变差。

[0005] 对于这些存在的问题,国内国际都展开了一系列的研究,通过去除漏电路径或者将缓冲层变为高阻层来改善器件性能。

[0006] 比利时的Puneet Srivastava等人采用了Si衬底部分剥离方案,通过选择区域剥离 Si 衬底,有效改善了器件的击穿特性,使栅漏间距为 20 μm 的器件的击穿电压达到了标志性的 2200 V[55]。但是,选择性衬底剥离技术工艺复杂,难度极大,增加了器件制作成本。而且,Si 衬底剥离后,其热导性能也变差,大功率工作下发热会非常明显,不适用于大功率器件的制备(参考文献:Srivastava P, Das J, Visalli D, et al. Record Breakdown Voltage (2200 V) of GaN DHFETs on Si With 2- μm Buffer Thickness by Local Substrate Removal[J]. IEEE Electron Device Letters, 2011, 32(1): 30-32.)。

[0007] 华中科技大学的Shichuang Sun等人通过Al离子注入制备了AlGaN/GaN金属绝缘层半导体高电子迁移率晶体管,他们首先在Si衬底上生长GaN缓冲层,使用Al离子注入进行绝缘化处理,然后通过二次生长制备GaN沟道层及AlGaN势垒层。采用离子注入的器件相比对照组,关态漏电流降低了3倍,同时击穿电压提高了6倍。然而,其离子注入会造成注入损

伤,在二次外延时会引起材料生长的质量劣化,此外对样品的一系列处理也有可能引入污染(参考文献:Sun S, Fu K, Yu G, et al. AlGa_N/Ga_N metal-insulator-semiconductor high electron mobility transistors with reduced leakage current and enhanced breakdown voltage using aluminum ion implantation[J]. Applied Physics Letters, 2016, 108(1): 013507.)。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于针对上述存在问题和不足,提供一种结构新颖、抑制漏电流、击穿电压高的基于离子注入的Ga_N功率器件及其制造方法。

[0009] 本发明的技术方案是这样实现的:

本发明所述的基于离子注入的Ga_N功率器件,其特点是:包括由下往上依次设置的Ga_N缓冲层、Ga_N沟道层和AlGa_N势垒层,所述AlGa_N势垒层上设置有源电极、栅电极和漏电极,其中所述源电极和漏电极均为欧姆接触,所述栅电极为肖特基接触,且各电极之间覆盖有与AlGa_N势垒层相连接的钝化层,所述AlGa_N势垒层与Ga_N沟道层为异质结构且在两者的界面处由于极化效应而形成有作为Ga_N功率器件横向工作导电沟道的二维电子气,所述Ga_N缓冲层中由Ga_N缓冲层的底面通过离子注入形成有离子隔离区,所述离子隔离区位于Ga_N缓冲层的上部并与Ga_N沟道层相连接,且所述Ga_N缓冲层中设置了离子隔离区后而在Ga_N缓冲层的底面键合有高导热衬底。

[0010] 本发明所述的基于离子注入的Ga_N功率器件的制造方法,其特点是包括以下步骤:

① 利用金属有机化学气相沉积法在生长衬底上依次外延生长Ga_N缓冲层、Ga_N沟道层和AlGa_N势垒层;

② 在AlGa_N势垒层上使用紫外光刻制备第一次掩膜,作为有源区台面刻蚀的图案,并使用干法刻蚀工艺进行台面刻蚀以实现分立的Ga_N功率器件,刻蚀深度为50nm~200nm;

③ 通过光刻在AlGa_N势垒层上进行第二次掩膜制备,蒸镀源电极和漏电极的金属,并使用有机溶剂进行超声对金属剥离,获得源电极和漏电极的金属图形,且通过快速热退火工艺实现源电极和漏电极与AlGa_N势垒层的欧姆接触;

④ 在AlGa_N势垒层的表面上沉积厚度为50nm~500nm的钝化层,并使用光刻制备掩膜,在钝化层上刻蚀源电极窗口、漏电极窗口以及栅槽;

⑤ 在栅槽中沉积用于形成栅电极的金属,且栅电极与AlGa_N势垒层形成肖特基接触;

⑥ 在钝化层的表面上制备一层覆盖了源电极、漏电极和栅电极的绝缘层作为临时转移层;

⑦ 去除生长衬底,露出Ga_N缓冲层的底面,并从Ga_N缓冲层的底面通过离子注入而在Ga_N缓冲层中形成一高阻的离子隔离区,且该离子隔离区位于Ga_N缓冲层的上部并与Ga_N沟道层相连接;

⑧ 在Ga_N缓冲层的底面上生长一层键合材料,并通过该层键合材料键合有高导热衬底;

⑨ 去除临时转移层,完成整个Ga_N功率器件的制备。

[0011] 其中,本发明在进行上述步骤①之后,可先对AlGa_N势垒层进行表面清洗,再进行上述步骤②,其清洗方式是分别在丙酮和异丙醇溶液中超声清洗5分钟,然后在硫酸与双氧

水混合溶液以及纯盐酸中各浸泡10分钟,并在去离子水中漂洗后用氮气吹干,使用热板烘干表面残留的水分。

[0012] 所述源电极和漏电极的金属均选自 Ti、Al、Mo、Au、Ni、W中的一种或几种的组合或它们的合金,厚度为50~200 nm,且快速热退火工艺是在氮气环境下进行,处理温度为700~950℃。

[0013] 所述钝化层选择由PECVD、LPCVD、ALD或Sputter沉积制备的SiN_x、SiO₂、SiNO、Al₂O₃、AlN中的一种或多种。

[0014] 所述栅电极的金属选自Ni、Au、Pt、Al、TiW、TiN中的一种或几种的组合,厚度为50~200nm。

[0015] 所述键合材料为Au、Sn、In、Ti、Ni、Pt、Pb中的一种或几种的组合或它们的合金。

[0016] 所述键合的温度为200~350℃,压力为0~5000 Kg。

[0017] 所述高导热衬底为热导性好的硅或铜或碳化硅或陶瓷。

[0018] 所述去除生长衬底的方法为激光剥离法、光辅助电化学法腐蚀法、湿法腐蚀法、研磨法、抛光法、ICP/RIE干法刻蚀法中的一种或几种的组合。

[0019] 所述离子注入是使用Fe、C、B、Zn、Al中的一种或多种元素,并采用20KeV~150KeV的能量进行注入,注入剂量为 $10^{12} \sim 10^{16}/\text{cm}^2$ 。

[0020] 本发明所采用的离子注入工艺能够在GaN材料中形成深能级,将GaN缓冲层转变为绝缘性能良好的高阻材料,实现电阻率 $>10^8 \Omega \cdot \text{cm}$,从而抑制体材料漏电流,同时提高器件的击穿电压。与现有技术相比,本发明具有如下显著优点:

1、本发明通过离子注入将GaN缓冲层变为高阻层,减少了器件经过GaN缓冲层的漏电,提高了击穿电压;

2、与采用外延生长改善位错密度的方法相比,本发明采用离子注入的工艺不需要沉积较厚的GaN缓冲层,减少了材料总厚度,缩短了生长时间,同时节省了生产成本;

3、本发明采用的离子注入方式的重复性高,可精确控制剂量与深度,采用不同离子可获得特定要求的材料绝缘性能,实用性广泛;

4、本发明采用背侧离子注入的方式,避免了常规正面注入对势垒层以及沟道层的损伤;

5、本发明通过衬底剥离隔绝了衬底漏电流,同时键合的新型导热衬底能够大幅改善器件散热特性,能够更好的支持GaN功率器件的高功率、高电压应用。

[0021] 下面结合附图对本发明作进一步的说明。

附图说明

[0022] 图1为本发明所述器件的结构示意图。

[0023] 图2为本发明制造所述器件的工艺流程图。

具体实施方式

[0024] 如图1所示,本发明所述的基于离子注入的GaN功率器件,包括由下往上依次设置的GaN缓冲层2、GaN沟道层3和AlGaIn势垒层4,所述AlGaIn势垒层4上设置有源电极5、栅电极8和漏电极6,其中所述源电极5和漏电极6均为欧姆接触,所述栅电极8为肖特基接触,且各电

极之间覆盖有与AlGaIn势垒层4相连接的钝化层7,所述AlGaIn势垒层4与GaIn沟道层3为异质结构且在两者的界面处由于极化效应而形成有作为GaIn功率器件横向工作导电沟道的二维电子气,所述GaIn缓冲层2中由GaIn缓冲层2的底面通过离子注入形成有离子隔离区10,所述离子隔离区10位于GaIn缓冲层2的上部并与GaIn沟道层3相连接,且所述GaIn缓冲层2中设置了离子隔离区10后而在GaIn缓冲层2的底面键合有高导热衬底11。其中,高导热衬底11为绝缘性及导热性能良好的材料,用于提高GaIn功率器件反向电压以及改善散热问题;所述源电极5、栅电极8和漏电极6用于控制GaIn功率器件的开启和关断;所述钝化层7为使用化学或物理沉积方式制备的高质量薄膜,用于降低半导体界面态,减少源电极和漏电极与栅电极之间的漏电流;所述离子隔离区10用于形成电学隔离以减少经过缓冲层及衬底传导的漏电流。

[0025] 如图2所示,本发明所述的基于离子注入的GaIn功率器件的制造方法,包括以下步骤:

① 利用金属有机化学气相沉积法在生长衬底1上依次外延生长GaIn缓冲层2、GaIn沟道层3和AlGaIn势垒层4;

② 在AlGaIn势垒层4上使用紫外光刻制备第一次掩膜,作为有源区台面刻蚀的图案,并使用干法刻蚀工艺进行台面刻蚀以实现分立的GaIn功率器件,刻蚀深度为50nm~200nm;

③ 通过光刻在AlGaIn势垒层4上进行第二次掩膜制备,蒸镀源电极和漏电极的金属,源电极和漏电极的金属均选自 Ti、Al、Mo、Au、Ni、W中的一种或几种的组合或它们的合金,厚度为50~200 nm,并使用有机溶剂进行超声对金属剥离,获得源电极5和漏电极6的金属图形,且通过快速热退火工艺实现源电极5和漏电极6与AlGaIn势垒层4的欧姆接触,快速热退火工艺是在氮气环境下进行,处理温度为700~950℃;

④ 在AlGaIn势垒层4的表面上沉积厚度为50nm~500nm的钝化层7,钝化层选择由PECVD、LPCVD、ALD或Sputter沉积制备的SiN_x、SiO₂、SiNO、Al₂O₃、AlN中的一种或多种,并使用光刻制备掩膜,在钝化层7上刻蚀源电极窗口、漏电极窗口以及栅槽;

⑤ 在栅槽中沉积用于形成栅电极8的金属,栅电极的金属选自Ni、Au、Pt、Al、TiW、TiN中的一种或几种的组合,厚度为50~200nm,且栅电极8与AlGaIn势垒层4形成肖特基接触;

⑥ 在钝化层7的表面上制备一层覆盖了源电极5、漏电极6和栅电极8的绝缘层作为临时转移层9;

⑦ 采用激光剥离法、光辅助电化学法腐蚀法、湿法腐蚀法、研磨法、抛光法、ICP/RIE干法刻蚀法中的一种或几种的组合去除生长衬底1,露出GaIn缓冲层2的底面,并从GaIn缓冲层2的底面通过离子注入而在GaIn缓冲层2中形成一高阻的离子隔离区10,离子注入是使用Fe、C、B、Zn、Al中的一种或多种元素,并采用20KeV~150KeV的能量进行注入,注入剂量为10¹²~10¹⁶/cm²,且该离子隔离区10位于GaIn缓冲层2的上部并与GaIn沟道层3相连接;

⑧ 在GaIn缓冲层2的底面上生长一层键合材料,键合材料为Au、Sn、In、Ti、Ni、Pt、Pb中的一种或几种的组合或它们的合金,并通过该层键合材料键合有高导热衬底11,键合的温度为200~350℃,压力为0~5000 Kg,且高导热衬底为热导性好的硅或铜或碳化硅或陶瓷;

⑨ 去除临时转移层9,完成整个GaIn功率器件的制备。

[0026] 为了进一步提高本发明的质量,本发明在进行上述步骤①之后,可先对AlGaIn势垒层4进行表面清洗,再进行上述步骤②,其清洗方式是分别在丙酮和异丙醇溶液中超声清洗5分钟,然后在硫酸与双氧水混合溶液以及纯盐酸中各浸泡10分钟,并在去离子水中漂洗后

用氮气吹干,使用热板烘干表面残留的水分。

[0027] 下面通过具体实施例对本发明作进一步的说明。

[0028] 实施例一:

本发明实施案例提供了一种基于离子注入的GaN功率器件的制造方法,其包括以下步骤:

步骤1)、在硅衬底上使用金属有机化学气相沉积设备依次生长GaN缓冲层、GaN沟道层和AlGaN势垒层,外延生长温度在950℃至1350℃之间;

步骤2)、将硅衬底上生长的AlGaN/GaN样品进行表面清洗,具体方法是:分别在丙酮和异丙醇溶液中超声清洗5分钟,然后在硫酸与双氧水混合溶液以及纯盐酸中各浸泡10分钟,并在去离子水中漂洗后用氮气吹干,使用热板烘干表面残留的水分;

步骤3)、在AlGaN势垒层上使用常规紫外光刻工艺制备光刻胶掩膜,作为有源区台面刻蚀的图案,并使用干法刻蚀工艺进行台面刻蚀,去除部分区域的AlGaN势垒层和部分GaN沟道层,以实现分立的GaN功率器件,具体的刻蚀方式为感应耦合等离子体刻蚀(ICP),使用Cl₂/BCl₃/Ar作为工作气体,ICP功率为250W,RF功率为400W,刻蚀深度为50nm~200nm;

步骤4)、通过光刻在AlGaN势垒层上进行第二次掩膜制备,使用电子束蒸镀机蒸镀多层金属Ti/Al/Ni/Au,厚度分别为20/150/50/80 nm,使用有机溶剂进行超声对金属剥离,获得源电极和漏电极的金属图形,并通过快速热退火工艺实现金属与半导体的欧姆接触,合金化处理在氮气环境下进行,处理温度为850摄氏度,时间为30s;

步骤5)、使用等离子体增强化学气相沉积设备(PECVD)在GaN功率器件的上表面沉积厚度为100nm的SiO₂作为钝化层,沉积温度为300℃,使用的工作气体为N₂O、N₂、5%SiH₄/N₂,并通过光刻制备掩膜,采用湿法腐蚀工艺在钝化层上刻蚀源电极窗口、漏电极窗口以及栅槽,具体的腐蚀溶液为BOE,腐蚀时间为30s;

步骤6)、在栅槽中沉积用于形成栅电极的金属,栅电极的金属使用Ni/Au双层金属,厚度分别为20/200nm,使用有机溶剂进行超声对金属剥离,获得栅电极的金属图形,且栅电极与AlGaN势垒层形成肖特基接触;

步骤7)、旋涂紫外固化胶覆盖钝化层、源电极、漏电极和栅电极的上表面作为临时转移层,使用紫外曝光机照射30min进行固化;

步骤8)、采用湿法腐蚀去除用于外延生长的硅衬底,具体是将样品浸泡在HF溶液中缓慢腐蚀掉Si衬底;并在暴露出的GaN缓冲层一面,通过离子注入而在GaN缓冲层中形成一高阻的离子隔离区,且该离子隔离区是位于GaN缓冲层靠近GaN沟道层的一侧,离子注入使用B⁺离子,采用110 KeV 的能量进行注入隔离,注入剂量为 $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$;

步骤9)、在GaN缓冲层暴露出的面上生长一层键合材料,并通过该层键合材料键合有陶瓷材料作为高导热衬底;具体地,键合材料采用金、锡、铜、钛、铅、镍、铂、钽等金属中的一种或几种组合或它们的合金,优选地,键合材料采用金锡合金和金铜合金,而且键合工艺采用的温度为200-350℃,压力为0-5000 Kg;

步骤10)、将样品浸泡在去胶剂中30分钟,加热到80℃,去除临时转移层,完成整个GaN功率器件的制备。

[0029] 实施例二:

该实施例与实施例一的不同之处在于:

步骤1)中是在SiC衬底上依次生长GaN缓冲层、GaN沟道层和AlGaIn势垒层;

步骤5)中是使用LPCVD设备制作SiN_x作为GaIn功率器件的钝化层,沉积温度为780℃,SiN_x厚度为300nm;

步骤8)中是采用研磨结合ICP刻蚀的方法去除碳化硅衬底。

[0030] 实施例三:

该实施例与实施例一的不同之处在于:

步骤1)中是在蓝宝石衬底上依次生长GaIn缓冲层、GaIn沟道层和AlGaIn势垒层;

步骤5)中是使用原子层沉积设备(ALD)制作Al₂O₃作为器件的钝化层,沉积源采用Al-CH₃以及Al-OH,沉积厚度为50nm;

步骤8)中是采用激光剥离的方法去除蓝宝石衬底;而且,离子注入是使用Al离子进行注入隔离,并采用两次注入方式进行,第一次使用135 KeV 的能量进行注入,注入剂量为 $5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$,第二次使用90 KeV 的能量进行注入,注入剂量为 $3 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 。

[0031] 实施例四:

该实施例与实施例一的不同之处在于:

步骤4)中是使用电子束蒸镀多层金属Pd/Ni/Au,厚度分别为50/100/200 nm,作为源电极和漏电极的金属;

步骤6)中栅电极的金属是通过反应磁控溅射制备,具体金属层为TiN/Ti/Au多层金属,厚度分别为150/100/200nm;

步骤9)中是采用高导热的高阻碳化硅材料作为高导热衬底。

[0032] 本发明是通过实施例来描述的,但并不对本发明构成限制,参照本发明的描述,所公开的实施例的其他变化,如对于本领域的专业人士是容易想到的,这样的变化应该属于本发明权利要求限定的范围之内。

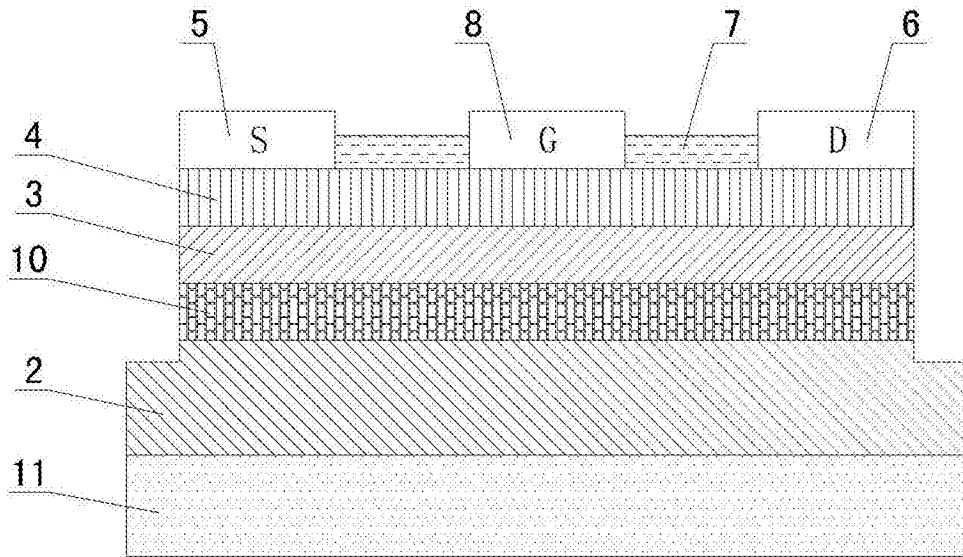


图1

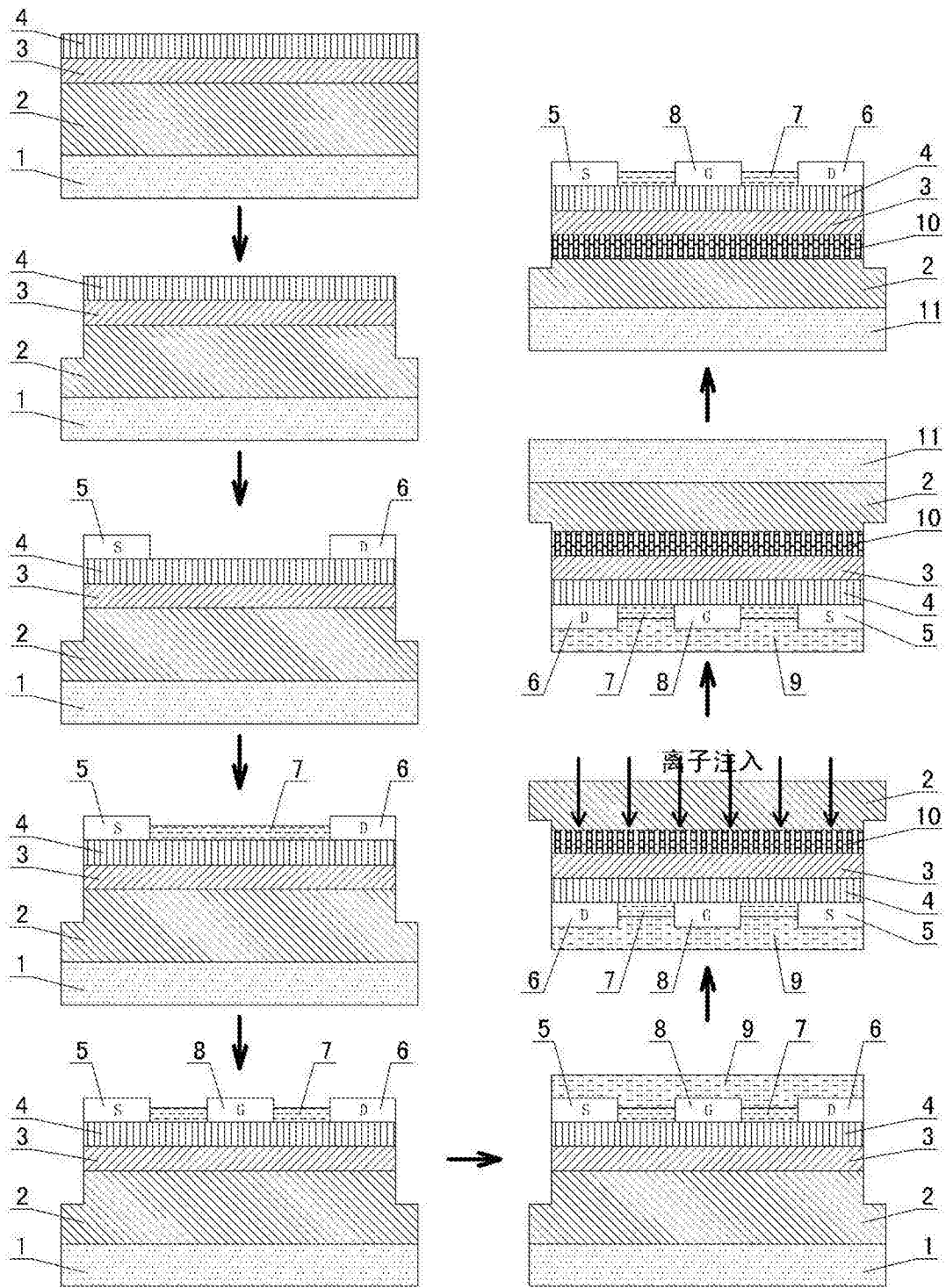


图2