



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105428412 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201510981887. 1

(22) 申请日 2015. 12. 22

(71) 申请人 工业和信息化部电子第五研究所
地址 510610 广东省广州市天河区东莞庄路
110 号

(72) 发明人 贺致远 黄林轶 胡坚耀 徐华伟

(74) 专利代理机构 广州华进联合专利商标代理
有限公司 44224
代理人 王园园 万志香

(51) Int. Cl.

H01L 29/778(2006. 01)

H01L 21/335(2006. 01)

H01L 29/06(2006. 01)

H01L 29/417(2006. 01)

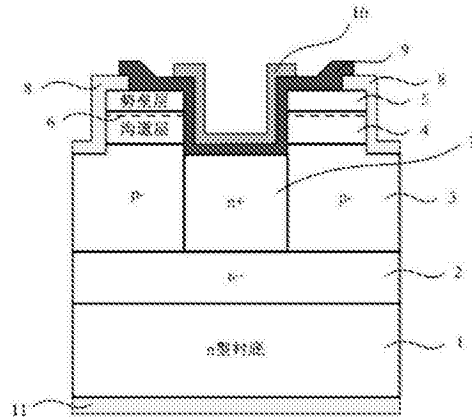
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管及其制备方法。该场效应晶体管包括栅极、源极、漏极、衬底、外延结构以及绝缘介质层,所述漏极、衬底、外延结构依次层叠设置;所述外延结构包括依次层叠设置的 n 型 GaN 层、垂直超结层、沟道层以及势垒层,其中,所述垂直超结层包括交替排列的轻掺杂 p 型 GaN 层和重掺杂 n 型 GaN 层,所述重掺杂 n 型 GaN 层的厚度较所述轻掺杂 p 型 GaN 层小,所述沟道层和势垒层层叠于所述轻掺杂的 p 型 GaN 层之上。该场效应晶体管,结构简单,避免了复杂的器件工艺造成的器件性能劣化,稳定性有保障,同时实现了器件正向较强的电流传输能力,以及反向高耐压特性。



1. 一种 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管,其特征在于,包括栅极、源极、漏极、衬底、外延结构以及绝缘介质层,所述漏极、衬底、外延结构依次层叠设置;

所述外延结构包括依次层叠设置的 n 型 GaN 层、垂直超结层、沟道层以及势垒层,其中,所述垂直超结层包括交替排列的轻掺杂 p 型 GaN 层和重掺杂 n 型 GaN 层,所述重掺杂 n 型 GaN 层的厚度较所述轻掺杂 p 型 GaN 层小,所述沟道层和势垒层层叠于所述轻掺杂 p 型 GaN 层之上;

所述源极设置于所述外延结构的侧面,且一端延伸至所述势垒层的上表面,另一端延伸至所述轻掺杂 p 型 GaN 层;

所述绝缘介质层设置于所述重掺杂 n 型 GaN 层之上,且端部延伸至所述势垒层;

所述栅极设置于所述绝缘介质层之上,且端部延伸至所述势垒层的上表面。

2. 根据权利要求 1 所述的 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管,其特征在于,所述轻掺杂 p 型 GaN 层的厚度范围在 $1\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$,所述重掺杂 n 型 GaN 层的厚度较所述轻掺杂 p 型 GaN 层的厚度小 $100\text{nm} \sim 1\ \mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求 2 所述的 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管,其特征在于,所述轻掺杂 p 型 GaN 层的掺杂浓度为 $10^{16} \sim 10^{17}\text{cm}^{-3}$,所述重掺杂 n 型 GaN 层的掺杂浓度为 $10^{17} \sim 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管,其特征在于,所述 n 型 GaN 层为轻掺杂 n 型 GaN 层,掺杂浓度为 $10^{16} \sim 10^{17}\text{cm}^{-3}$,厚度范围在 $1\ \mu\text{m} \sim 20\ \mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求 1 所述的 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管,其特征在于,所述绝缘介质层的材料为 SiO_2 、 SiN 、 Al_2O_3 、 AlN 、 HfO_2 、 MgO 、 Sc_2O_3 、 Ga_2O_3 、 AlHfO_x 、 HfSiON 中的任意一种或任意几种组合,厚度为 $1\text{nm} \sim 100\text{nm}$ 。

6. 根据权利要求 1-5 任一项所述的 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管,其特征在于,所述沟道层为非掺杂的 GaN 层,厚度为 $1\text{nm} \sim 500\text{nm}$;所述势垒层为非掺杂的 AlGaIn、AlN、AlInN 层或其组合,厚度为 $1\text{nm} \sim 50\text{nm}$ 。

7. 根据权利要求 1-5 任一项所述的 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管,其特征在于,所述漏极和源极的材料分别任选自 Ti/Al/Ni/Au 合金、Ti/Al/Mo/Au 合金或 Ti/Al/Ti/Au 合金;所述栅极的材料为 Ni/Au 合金、Pt/Au 合金或 Pd/Au 合金。

8. 根据权利要求 1-5 任一项所述的 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管,其特征在于,所述垂直超结层包括两个轻掺杂 p 型 GaN 层,以及位于两个轻掺杂 p 型 GaN 层之间的重掺杂 n 型 GaN 层,所述源极对称设置于所述外延结构相对的两侧面,且一端延伸至所述势垒层的上表面,另一端延伸至所述轻掺杂 p 型 GaN 层。

9. 权利要求 1-8 任一项所述的 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 在所述衬底上通过外延生长技术依次生长所述 n 型 GaN 层、轻掺杂 p 型 GaN 层、沟道层以及势垒层;

(2) 通过湿法或干法腐蚀技术对所述轻掺杂 p 型 GaN 层、沟道层以及势垒层进行刻蚀,形成由所述势垒层的上表面连通至所述 n 型 GaN 层的凹槽,以及,用于容纳所述源极的容纳区域;

(3) 于所述容纳区域以及所述势垒层的上表面制作掩膜,再于所述凹槽中通过选择区域外延生长技术生长所述重掺杂 n 型 GaN 层;

(4) 去除所述掩膜,利用光刻技术和电子束蒸发技术,在所述容纳区域形成所述源极,在所述衬底的下表面形成所述漏极;

(5) 利用介质层生长技术,在所述重掺杂 n 型 GaN 层的上表面沉积绝缘介质层,并使所述绝缘介质层的端部延伸至所述势垒层,再利用光刻技术和电子束蒸发技术在所述绝缘介质层上形成所述栅极,即可。

10. 根据权利要求 9 所述的 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管的制备方法,其特征在于,步骤(1)所述外延生长技术和步骤(3)所述选择区域外延生长技术均为金属有机化学气相沉积法或分子束外延法。

AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件,特别是涉及 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管及其制备方法。

背景技术

[0002] 现代社会中,电力电子技术不断跟新发展,稳压器、整流器、逆变器等电力电子器件在日常生活中应用越来越广泛,涉及高压供电、电能管理、工厂自动化、机动车能源分配管理等诸多领域。二极管和开关器件是电力电子应用领域中不可或缺的组成部分。近年来,具有高频、大电流、低功耗特性的肖特基二极管以其独特的性能优势越来越引人注目。

[0003] 传统的功率型肖特基二极管主要是在硅(Si)基材料上制作。硅材料发展历史悠久,硅单晶制备成本低、硅器件加工工艺成熟,因此硅基肖特基二极管的发展也是最为成熟的。但是,由于禁带宽度、电子迁移率等材料特性的限制,硅基功率肖特基二极管的性能已经接近其理论极限,不能满足当今高频、高功率、高耐温的需求。硅基肖特基二极管耐压低、电流输运能力有限、在高温条件下对系统散热要求苛刻,这造成了器件体积重量大、能耗大,不利于电力电子系统向集成化、小型化、节能化发展。

[0004] 为了突破硅材料的自身限制,人们开始寻找具有更优性能的材料,以氮化镓(GaN)、碳化硅(SiC)为代表的第三代宽禁带半导体材料进入了人们视野。它们具有优异的物理和化学性质,如禁带宽度大、击穿电场强度高、饱和电子漂移速度大、抗辐射能力强、化学稳定性好等,特别适合制作高耐压、高耐温、高频、大功率肖特基二极管器件。GaN材料另一突出的特点就是利用自身的极化效应,如图1所示,在非掺杂的AlGaIn/GaN就可以形成电子面密度达到 10^{13}cm^{-2} 量级的高浓度二维电子气(2DEG:Two-dimensional electron gas)。2DEG面密度大、在沟道二维平面内迁移率高,利用这一特性制作的横向导通的GaN肖特基二极管是目前最常见的,也是最有潜力的外延结构形式。

[0005] 在传统AlGaIn/GaN场效应晶体管中,由于器件导通层在半导体外延结构的表面,当器件属于关断工作状态时,器件的电场分布过于集中在外延层表面,限制了器件耐压特性。因此,如何提升该器件结构的耐压特性成为目前亟需解决的技术难点之一。

[0006] 超结技术(Super Junction)是来源于Si基的功率绝缘栅场效应晶体管(MOSFET),外延层中的n型柱和p型柱通过电荷补偿原理将外延层中载流子浓度提高1个量级的同时,在反向耗尽状态下,实现电场在外延层中的分布接近处处相等的理想状态,使得外延层耐压能力的最优化。

[0007] 在GaN材料中,也有类似的思想,如图2所示,现有技术提出了一种基于超结结构的AlGaIn/GaN异质结场效应晶体管。该发明的关键技术是通过离子注入的手段,在n型GaN层上形成p型GaN,从而实现超结结构(如图2中所示44)。通过超结结构建立的电场垂直于栅极和漏极之间建立的电场,改变了电场的空间分布,降低了外延层中的电场最大值,因此相应提升了击穿电压。但目前现有科技文献中还没有该器件的制作数据报道,足以说明要实现这一器件的工艺难度之大。另外,通过离子注入手段实现p-GaN将严重劣化外延层

的晶体质量及外延层表面平整度,在此基础上再生长形成的 AlGaIn/GaN 异质结界面特性也会同时劣化,降低了 2DEG 的导通能力,从而影响到器件的电流传输能力及稳定性。

[0008] 基于超结结构的垂直导通 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管结构也有类似器件的报道,如图 3 所示。但该现有技术原则上只是提出了一种理论设计结构,并没有说明具体的器件实现制作方法。该器件结构外延工艺难度同样很大,难以指导实际器件研发生产,与此同时,该结构中的栅极肖特基金属在反向高压情况下易击穿,影响了器件耐压性能的提升

[0009] 从上述现有技术方案的研究分析,从横向导通结构到垂直导通结构,超结的应用都体现出来,但是没有形成比较易产业化生产的技术方案。主要的缺点有:1、工艺对晶体质量损伤较大,通过离子注入工艺实现的超结结构,由于十分靠近氮化镓异质结有源区,对器件的电流传输能力影响较大,在提升耐压的同时,牺牲了较大器件的输出特性;2、器件结构复杂,实际器件工艺实施难度较大,不利于产业化推广。

发明内容

[0010] 基于此,有必要提供一种 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管及其制备方法。

[0011] 一种 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管,包括栅极、源极、漏极、衬底、外延结构以及绝缘介质层,所述漏极、衬底、外延结构依次层叠设置;

[0012] 所述外延结构包括依次层叠设置的 n 型 GaN 层、垂直超结层、沟道层以及势垒层,其中,所述垂直超结层包括交替排列的轻掺杂 p 型 GaN 层和重掺杂 n 型 GaN 层,所述重掺杂 n 型 GaN 层的厚度较所述轻掺杂 p 型 GaN 层小,所述沟道层和势垒层层叠于所述轻掺杂的 p 型 GaN 层之上;

[0013] 所述源极设置于所述外延结构的侧面,且一端延伸至所述势垒层的上表面,另一端延伸至所述轻掺杂 p 型 GaN 层;

[0014] 所述绝缘介质层设置于所述重掺杂 n 型 GaN 层之上,且端部延伸至所述势垒层,由此阻挡导通时电子的流失,该绝缘介质层可与器件本身所需的钝化层同时制备;

[0015] 所述栅极设置于所述绝缘介质层之上,且端部延伸至所述势垒层的上表面。

[0016] 其中,本发明所述衬底可以为 n 掺杂的低阻硅、碳化硅或氮化镓等,但并不局限于上述材料,只要能完成 GaN 外延材料生长、形成低阻导通的衬底材料都可以使用在本发明结构中。

[0017] 在其中一个实施例中,所述轻掺杂 p 型 GaN 层的厚度范围在 $1\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$,所述重掺杂 n 型 GaN 层的厚度较所述轻掺杂 p 型 GaN 层的厚度小 $100\text{nm} \sim 1\ \mu\text{m}$ 。

[0018] 所述轻掺杂 p 型 GaN 层的功能为电子阻挡层,器件处于反向耐压工作状态时与重掺杂 n 型 GaN 层形成相互耗尽层的超结结构,所述重掺杂 n 型 GaN 层在器件导通时作为电子的导通沟道,器件关断时与轻掺杂 p 型 GaN 层形成相互耗尽层的超结结构,其生长厚度根据轻掺杂 p 型 GaN 层的厚度调控。

[0019] 在其中一个实施例中,所述轻掺杂 p 型 GaN 层的掺杂浓度为 $10^{16} \sim 10^{17}\text{cm}^{-3}$,所述重掺杂 n 型 GaN 层的掺杂浓度为 $10^{17} \sim 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 。

[0020] 在其中一个实施例中,所述 n 型 GaN 层为轻掺杂 n 型 GaN 层,掺杂浓度为 $10^{16} \sim 10^{17}\text{cm}^{-3}$,厚度范围在 $1\ \mu\text{m} \sim 20\ \mu\text{m}$ 。轻掺杂 n 型 GaN 层的生长一方面提高上层 GaN 外延层

晶体质量,另一方面可形成垂直导通时的电子漂移区。

[0021] 在其中一个实施例中,所述绝缘介质层的材料为 SiO_2 、 SiN 、 Al_2O_3 、 AlN 、 HfO_2 、 MgO 、 Sc_2O_3 、 Ga_2O_3 、 AlHfO_x 、 HfSiON 中的任意一种或任意几种组合,厚度为 $1\text{nm} \sim 100\text{nm}$ 。

[0022] 在其中一个实施例中,所述沟道层为非掺杂的 GaN 层,厚度为 $1\text{nm} \sim 500\text{nm}$,由此形成高质量平坦的 GaN 沟道层以利于 2DEG 导通;所述势垒层为非掺杂的 AlGaN、AlN、AlInN 层或其组合,厚度为 $1\text{nm} \sim 50\text{nm}$,可以调控不同组合厚度及组分以在势垒层/沟道层界面形成高浓度、高迁移率的 2DEG。

[0023] 在其中一个实施例中,所述漏极和源极的材料分别任选自 Ti/Al/Ni/Au 合金、Ti/Al/Mo/Au 合金或 Ti/Al/Ti/Au 合金;所述栅极的材料为 Ni/Au 合金、Pt/Au 合金或 Pd/Au 合金。

[0024] 在其中一个实施例中,所述垂直超结层包括两个轻掺杂 p 型 GaN 层,以及位于两个轻掺杂 p 型 GaN 层之间的重掺杂 n 型 GaN 层,所述源极对称设置于所述外延结构相对的两侧面,且一端延伸至所述势垒层的上表面,另一端延伸至所述轻掺杂 p 型 GaN 层。

[0025] 本发明还提供所述的 AlGaN/GaN 异质结场效应晶体管的制备方法,包括如下步骤:

[0026] (1) 在所述衬底上通过外延生长技术依次生长所述 n 型 GaN 层、轻掺杂 p 型 GaN 层、沟道层以及势垒层;

[0027] (2) 通过湿法或干法腐蚀技术对所述轻掺杂 p 型 GaN 层、沟道层以及势垒层进行刻蚀,形成由所述势垒层的上表面连通至所述 n 型 GaN 层的凹槽,以及,用于容纳所述源极的容纳区域,其中所述凹槽的刻蚀深度要求达到所述 n 型 GaN 层,而所述源极的容纳区域要求达到所述轻掺杂 p 型 GaN 层;

[0028] (3) 于所述容纳区域以及所述势垒层的上表面制作掩膜,再于所述凹槽中通过选择区域外延生长技术生长所述重掺杂 n 型 GaN 层;

[0029] (4) 去除所述掩膜,利用光刻技术和电子束蒸发技术,在所述容纳区域形成所述源极,在所述衬底的下表面形成所述漏极,该源极可呈台阶形设置,以便与所述轻掺杂 p 型 GaN 层形成更好的接触;

[0030] (5) 利用介质层生长技术,在所述重掺杂 n 型 GaN 层的上表面沉积绝缘介质层,并使所述绝缘介质层的端部延伸至所述势垒层,再利用光刻技术和电子束蒸发技术在所述绝缘介质层上形成所述栅极,即可。

[0031] 所述介质层生长技术可为物理气相法 (PVD)、等离子增强化学气相沉积法 (PECVD)、磁控溅射法或原子层沉积法 (ALD)。

[0032] 在其中一个实施例中,步骤 (1) 所述外延生长技术和步骤 (3) 所述选择区域外延生长技术均为金属有机化学气相沉积法 (MOCVD) 或分子束外延法 (MBE)。

[0033] 本发明的原理及优点如下:

[0034] 本发明的所述的 AlGaN/GaN 异质结场效应晶体管,合理设置器件结构,当器件处于开态工作状态下,栅极施加正向电压,此时绝缘介质与非掺杂的 GaN 沟道层和轻掺杂 p 型 GaN 层的接触界面上形成 n 型电子积累层和反型层,源极的电子通过沟道层中的 2DEG 沟道、n 型电子积累层和反型层注入到重掺杂 n 型 GaN 层,并通过轻掺杂 n 型 GaN 层最终达到漏极,实现器件导通,器件的电流传输能力强且稳定。

[0035] 而当器件处于关态工作状态下时,栅极肖特基施加反向电压,栅极下方导电沟道阻断,此时,外延层中的轻掺杂 p 型 GaN 层、重掺杂 n 型 GaN 层形成的超结结构形成耗尽区域,从超结理论可知,超结建立的电场垂直于漏极和栅极之间的电场,使得外延层中的电场更加均匀,降低了电场峰值,实现晶体管的高耐压特性。

[0036] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0037] 本发明提出了一种结构创新的基于超结结构的垂直导通高耐压 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管,避免了复杂的器件工艺造成的器件性能劣化,稳定性有保障。

[0038] 通过创新性的选择区域二次外延生长重掺杂的 n 型 GaN 层电子导通通道,与一次外延生长的轻掺杂 p 型 GaN 层直接形成超结结构,免去了后期离子注入工艺,将对异质结中 2DEG 的影响降低到最小;同时,通过合理设置各电极的位置,不同于传统器件的平面电极,源极欧姆电极接触连接在外延结构中的势垒层至轻掺杂 p 型 GaN 层,连接有源区及外延层中的超结结构,同时满足了正向导通和反向工作时的超结耗尽需求。由此实现了器件正向较强的电流传输能力,以及反向高耐压特性。

附图说明

[0039] 图 1 为 AlGaIn/GaN 外延结构(左图)及能带、电子浓度分布图(右图);

[0040] 图 2 为现有的基于超结结构的 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管结构示意图;

[0041] 图 3 为基于超结结构的垂直导通 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管结构示意图;

[0042] 图 4 为本发明一实施例所述 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管结构示意图;

[0043] 图 5 为本发明一实施例所述 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体的制作方法中经步骤(1)所得结构示意图;

[0044] 图 6 为本发明一实施例所述 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体的制作方法中经步骤(2)所得结构示意图;

[0045] 图 7 为本发明一实施例所述 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体的制作方法中经步骤(3)所得结构示意图,其中,

[0046] 1-衬底;2-n 型 GaN 层;3-轻掺杂 p 型 GaN 层;4-沟道层;5-势垒层;6-2DEG 沟道;7-重掺杂 n 型 GaN 层;8-源极;9-绝缘介质层;10-栅极;11-漏极;12-凹槽;13-容纳区域。

具体实施方式

[0047] 以下结合具体实施例对本发明的 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管及其制备方法作进一步详细的说明。

[0048] 实施例

[0049] 本实施例一种 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管,如图 4 所示,包括栅极 10、源极 8、漏极 11、衬底 1、外延结构以及绝缘介质层 9,所述漏极 11、衬底 1、外延结构依次层叠设置;

[0050] 所述外延结构包括依次层叠设置的 n 型 GaN 层 2、垂直超结层、沟道层 4 以及势垒层 5,其中,所述垂直超结层包括两个轻掺杂 p 型 GaN 层 3,以及位于两个轻掺杂 p 型 GaN 层 3 之间的重掺杂 n 型 GaN 层 7,所述轻掺杂 p 型 GaN 层 3 的厚度为 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$,掺杂浓度为 $10^{16} \sim 10^{17}\text{cm}^{-3}$,所述重掺杂 n 型 GaN 层 7 的厚度较所述轻掺杂 p 型 GaN 层 3 小 $100\text{nm} \sim$

1 μm , 掺杂浓度为 $10^{17} \sim 10^{19} \text{cm}^{-3}$, 所述沟道层 4 和势垒层 5 层叠于所述轻掺杂的 p 型 GaN 层之上;

[0051] 该衬底 1 为 n 掺杂的低阻硅、碳化硅或氮化镓;漏极 11 的材料任选自 Ti/Al/Ni/Au 合金、Ti/Al/Mo/Au 合金或 Ti/Al/Ti/Au 合金;

[0052] 该 n 型 GaN 层 2 为轻掺杂 n 型 GaN 层, 掺杂浓度控制为 $10^{16} \sim 10^{17} \text{cm}^{-3}$, 厚度范围控制在 $1 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$, 一方面可以提高上层 GaN 外延层晶体质量, 另一方面可形成垂直导通时的电子漂移区, 提高电流正向传输能力;

[0053] 该沟道层 4 为非掺杂的 GaN 层, 厚度为在 $1\text{nm} \sim 500\text{nm}$ 之间, 由此形成高质量平坦的 GaN 沟道层以利于 2DEG 沟道 6 导通;势垒层 5 为非掺杂的 AlGa_xN、AlN、AlInN 层或其组合, 厚度为 $1\text{nm} \sim 50\text{nm}$, 可以调控不同组合厚度及组分以在势垒层 5/ 沟道层 4 界面形成高浓度、高迁移率的 2DEG;

[0054] 所述源极 8 对称设置于所述外延结构相对的两侧面, 且呈台阶状, 一端延伸至所述势垒层 5 的上表面, 另一端延伸至所述轻掺杂 p 型 GaN 层 3, 材料选自 Ti/Al/Ni/Au 合金、Ti/Al/Mo/Au 合金或 Ti/Al/Ti/Au 合金;

[0055] 所述绝缘介质层 9 设置于所述重掺杂 n 型 GaN 层 7 之上, 且端部至少延伸至所述势垒层 5, 所述绝缘介质层 9 的材料为 SiO₂、SiN、Al₂O₃、AlN、HfO₂、MgO、Sc₂O₃、Ga₂O₃、AlHfO_x、HfSiON 中的任意一种或任意几种组合, 厚度为 $1\text{nm} \sim 100\text{nm}$ 。由此阻挡导通时沟道层 4 以及轻掺杂 p 型 GaN 层 3 和重掺杂 n 型 GaN 层 7 中电子通过栅极 10 流失, 在本实施例中该绝缘介质层 9 与器件本身所需的钝化层同时制备, 延伸至覆盖所述势垒层 5 上需钝化的表面;

[0056] 所述栅极 10 设置于所述绝缘介质层 9 之上, 且端部延伸至所述势垒层 5 的上表面, 材料为 Ni/Au 合金、Pt/Au 合金或 Pd/Au 合金。

[0057] 当器件处于开态工作状态下, 栅极 10 肖特基施加正向电压, 此时绝缘介质层 9 与非掺杂的 GaN 沟道层 4 和轻掺杂 p 型 GaN 层 3 的接触界面上形成 n 型电子积累层和反型层, 源极 8 的电子通过沟道层 4 中的 2DEG 沟道 6、n 型电子积累层和反型层注入到重掺杂 n 型 GaN 层 7, 并通过轻掺杂 n 型 GaN 层最终达到漏极 11, 实现器件导通, 器件的电流传输能力强且稳定。

[0058] 而当器件处于关态工作状态下时, 栅极 10 肖特基施加反向电压, 栅极 10 下方导电沟道阻断, 此时, 外延层中的轻掺杂 p 型 GaN 层 3、重掺杂 n 型 GaN 层 7 形成的超结结构形成耗尽区域, 从超结理论可知, 超结建立的电场垂直于漏极 11 和栅极 10 之间的电场, 使得外延层中的电场更加均匀, 降低了电场峰值, 实现晶体管的高耐压特性。

[0059] 上述的 AlGa_xN/GaN 异质结场效应晶体管的制备方法, 包括如下步骤:

[0060] (1) 在所述衬底 1 上通过金属有机化学气相沉积法依次生长所述 n 型 GaN 层 2、轻掺杂 p 型 GaN 层 3、沟道层 4 以及势垒层 5, 如图 5 所示;

[0061] (2) 通过湿法腐蚀技术对所述轻掺杂 p 型 GaN 层 3、沟道层 4 以及势垒层 5 进行刻蚀, 形成由所述势垒层 5 的上表面连通至所述 n 型 GaN 层 2 的凹槽 12, 以及, 用于容纳所述源极 8 的容纳区域 13, 其中所述凹槽的刻蚀深度要求达到所述 n 型 GaN 层 2, 而所述源极 8 的容纳区域 13 要求达到所述轻掺杂 p 型 GaN 层 3, 如图 6 所示;

[0062] (3) 于所述容纳区域 13 以及所述势垒层 5 的上表面制作掩膜, 再于所述凹槽 12 中通过金属有机化学气相沉积法选择区域外延生长所述重掺杂 n 型 GaN 层 7, 如图 7 所示, 其

中掩膜未标示；

[0063] (4) 去除所述掩膜,利用光刻技术和电子束蒸发技术,在所述容纳区域形成所述源极 8,在所述衬底 1 的下表面形成所述漏极 11,该源极 8 可呈台阶形设置,以便与所述轻掺杂 p 型 GaN 层 3 形成更好的接触；

[0064] (5) 利用物理气相法介质层生长技术,在所述重掺杂 n 型 GaN 层 7 的上表面沉积绝缘介质层 9,并使所述绝缘介质层 9 的端部延伸至所述势垒层 5,再利用光刻技术和电子束蒸发技术在所述绝缘介质层 9 上形成所述栅极 10,即得所述 AlGaIn/GaN 异质结场效应晶体管。

[0065] 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。

[0066] 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。

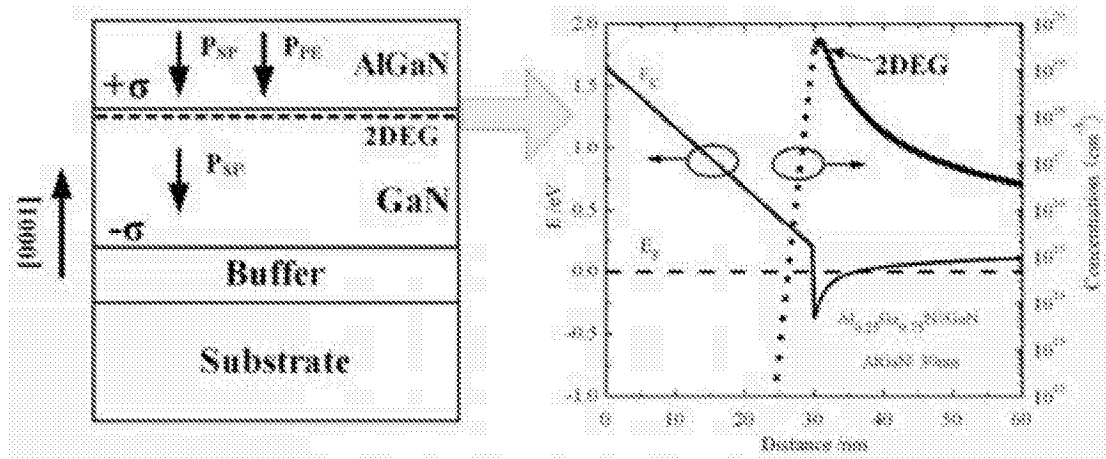


图 1

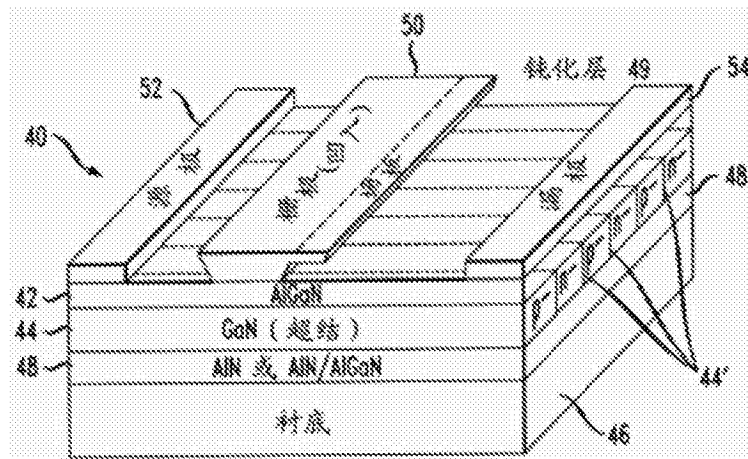


图 2

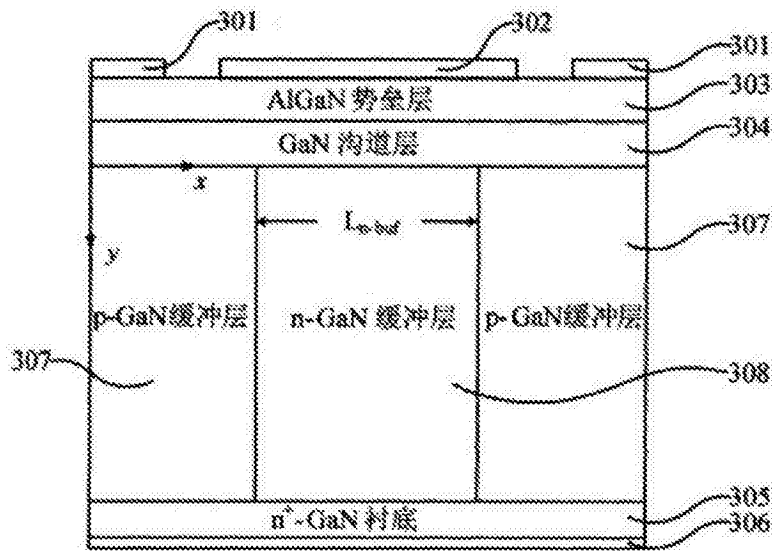


图 3

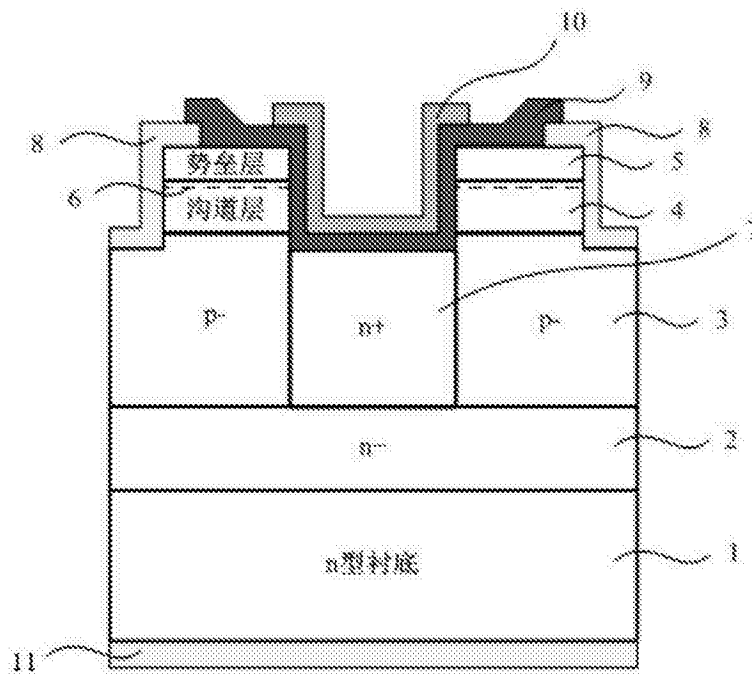


图 4

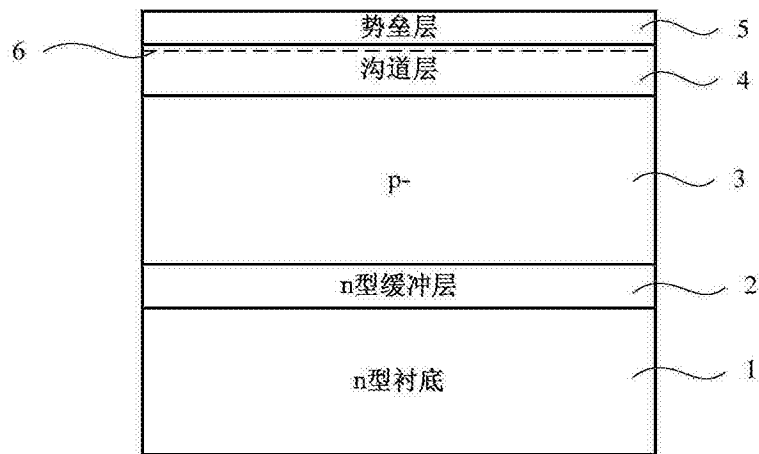


图 5

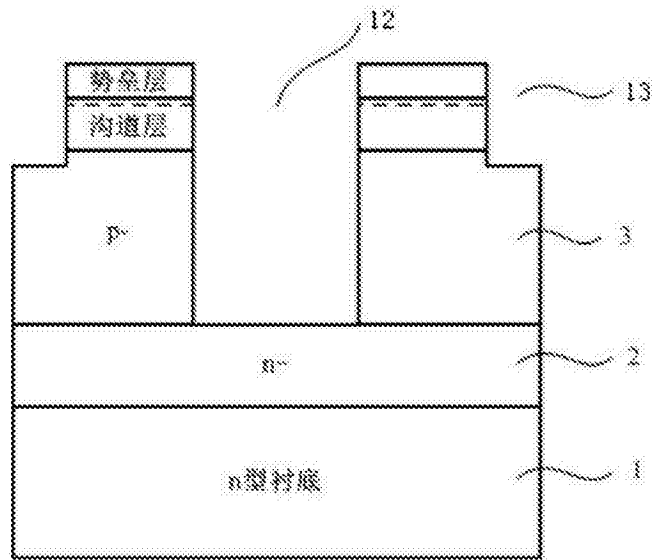


图 6

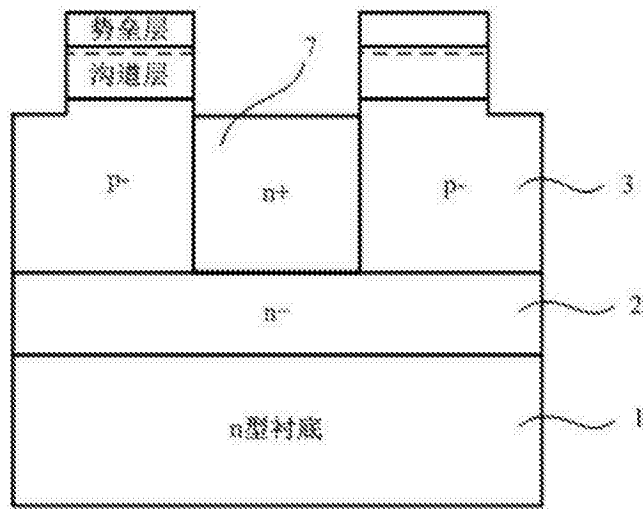


图 7