



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101771076 B

(45) 授权公告日 2011.08.24

(21) 申请号 201010013536.9

审查员 闫东

(22) 申请日 2010.01.04

(73) 专利权人 西安电子科技大学  
地址 710071 陕西省西安市太白南路2号

(72) 发明人 王冲 郝跃 马晓华 张进城  
曹艳荣 杨凌

(74) 专利代理机构 陕西电子工业专利中心  
61205

代理人 王品华 朱红星

(51) Int. Cl.

H01L 29/778(2006.01)

H01L 29/43(2006.01)

H01L 21/335(2006.01)

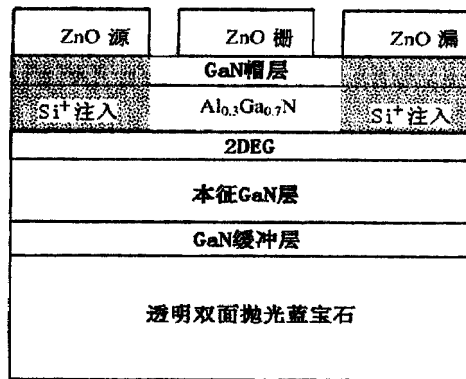
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 4 页

(54) 发明名称

全透明 AlGaIn/GaN 高电子迁移率晶体管及其制作方法

(57) 摘要

本发明公开了一种采用透明低电阻率 ZnO 作栅和源、漏电极的 AlGaIn/GaN 高电子迁移率晶体管及其制作方法,它涉及到微电子技术领域,主要解决现有 AlGaIn/GaN 高电子迁移率晶体管不能应用于全透明领域,及现有全透明晶体管特性差的问题。该器件按生长顺序依次包括 GaN 缓冲层、本征 GaN 层、Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>N 层、GaN 帽层和源、漏、栅电极,其中源、漏电极和栅电极均采用掺杂 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的透明 ZnO 材料,衬底采用透明的双面抛光蓝宝石。源、漏、栅电极在 GaN 帽层上通过磁控溅射的方法淀积,源区和漏区域进行 Si<sup>+</sup>离子注入,以辅助源区和漏区欧姆接触的形成。本发明具有全透明,高特性的优点,可用于透明领域的抗辐照电路中的电子元件。



1. 一种 AlGaIn/GaN 高电子迁移率晶体管,依次包括蓝宝石衬底、GaIn 缓冲层、本征 GaIn 层、 $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层和 GaIn 帽层,帽层上设有源电极、漏电极和栅电极,其特征在于源电极、漏电极和栅电极均采用透明的 ZnO 材料,蓝宝石衬底采用透明双面抛光蓝宝石,以实现器件全透明。

2. 根据权利要求 1 所述的 AlGaIn/GaN 高电子迁移率晶体管,其特征在于 ZnO 材料为掺杂有  $Al_2O_3$  的透明导电材料。

3. 一种 AlGaIn/GaN 高电子迁移率晶体管的制作方法,包括如下步骤:

(1) 在双面抛光蓝宝石基片上,利用 MOCVD 工艺,依次生长 GaIn 缓冲层、本征 GaIn 层、 $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层和 GaIn 帽层;

(2) 在生长的 GaIn 帽层表面利用 PECVD 工艺淀积 100nm-200nm 的 SiN 钝化层;光刻出源漏区域并采用 RIE 干法刻蚀去除源漏区域 SiN;

(3) 利用 SiN 做掩模在源极、漏极区域采用离子注入工艺注入  $Si^+$  离子;

(4) 在注入了  $Si^+$  离子的源极、漏极区域,采用光刻、溅射和剥离工艺形成厚度为 100-400nm 的 ZnO 透明源极和漏极;

(5) 在栅极区域采用光刻、溅射和剥离工艺形成厚度为 100-400nm 的 ZnO 透明栅电极。

4. 根据权利要求 3 所述的 AlGaIn/GaN 高电子迁移率晶体管制作方法,其中步骤 (4) 的具体实现是采用磁控溅射的方法将靶材为掺有 2-3%  $Al_2O_3$  的 ZnO 粉末,在压强为 1-3Pa,衬底温度为 25-90°C,溅射功率为 30-80W 的条件下,预溅射 ZnO 靶材 5 分钟,以清洁靶材表面和使系统稳定;再在 99.9999% 的高纯氩气气氛中进行溅射,分别形成 100-400nm 厚的 ZnO 源电极和漏电极。

5. 根据权利要求 3 所述的 AlGaIn/GaN 高电子迁移率晶体管制作方法,其中步骤 (5) 的具体实现是采用磁控溅射的方法将靶材为掺有 2-3%  $Al_2O_3$  的 ZnO 粉末,在压强为 1-3Pa,衬底温度为 25-90°C,溅射功率为 30-80W 的条件下,预溅射 ZnO 靶材 5 分钟,以清洁靶材表面和使系统稳定;再在 99.9999% 的高纯氩气气氛中进行溅射,形成 100-400nm 厚的 ZnO 栅电极。

## 全透明 AlGaN/GaN 高电子迁移率晶体管及其制作方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于微电子技术领域,涉及半导体器件,具体的说是一种采用透明低电阻率材料 ZnO 制作栅和源、漏电极,透明蓝宝石做衬底的 AlGaN/GaN 高电子迁移率晶体管结构及实现方法,主要用于制作全透明领域的高特性器件。

### 背景技术

[0002] 透明薄膜晶体管 TTFT (Transparent Thin Film Transistor) 在平面显示、光学信息处理、宇航、军事等领域具有实际的和潜在的广泛应用。利用透明晶体管制成透明集成电路,将其嵌入房屋和交通工具的玻璃中,就可研制出具有全新信息传输方式的系统,再结合平面显示技术,构成综合电子信息系统,就可用于家用电器、交通工具、商用和军事等研究领域。透明晶体管将被用来控制通过系统的电流流量的大小,最终使设备具有逻辑开关、存储和信号放大等功能,适合应用于有源矩阵液晶显示器件,太阳能电池控制电路等领域。更重要的是,在航空航天领域的太阳能电池应用方面,需要高特性、抗辐照的全透明薄膜晶体管。

[0003] ZnO 是一种直接带隙半导体,而且为透明材料,采用 ZnO 薄膜材料做透明 TFT 则可避免硅基 TFT 的缺点,实现高开口率的 OLED 平面显示。结合 ZnO 基透明电极技术,为人们提供了新的制造透明电子设备的方法。但是,ZnO 基透明晶体管由于 ZnO 材料的迁移率和击穿电场的不足,使得 ZnO 基透明晶体管的特性还有许多不足。

[0004] 与其他半导体材料的参数比较,GaN 材料具有明显的优点,其禁带宽度大,饱和电子速度也优于其他半导体材料,并具有很大的击穿场强和较高的热导率,而且 GaN 本身也是透明材料。电荷载流子速度场特性是器件工作的基础,高饱和速度导致大电流和高频率,高的击穿场强对器件大功率应用至关重要,同时,由于 GaN 基材料与生俱来的极化特性,AlGaN/GaN 异质结本身就存在高浓度二维电子气沟道,所以 GaN 材料是制造高温高频及大功率器件的优选材料。在 GaN 材料适合制作的功率器件中,AlGaN/GaN 高电子迁移率器件 HEMT 是最具代表性的典型器件。自 1993 年人们制作出第一支 HEMT 样管至今,高电子迁移率晶体管已得到了很大的发展。2001 年 VinayakTilak 等人制造的 SiC 衬底 AlGaN/GaN HEMT 获得了 10.7W/mm@10GHz 和 6.6W/mm@20GHz 的功率密度。参见文献 Moon J S, Micovic M, Janke P, Hashimoto P, et al, "GaN/AlGaN HEMTs operating at 20GHz with continuous-wave power density > 6W/mm", Electron. Lett, 2001, 37(8) :528 和 Kumar V, Lu W, Khan F A, et al. "Highperformance 0.25  $\mu$ m gate-length AlGaN/GaN HEMTs on sapphire with transconductance of over 400mS/mm", Electronics Letters, 2002, 38(5) :252。后来人们研制出功率密度达到 11.7W/mm@10GHz 的 SiC 衬底 AlGaN/GaN HEMT 器件。

[0005] AlGaN/GaN HEMT 有非常优异的电特性,而且 GaN 材料本身也为透明材料,但是由于其电极通常采用不透明的金属 Ti, Al, Ni 等材料,所以电极材料限制了 GaN 基 AlGaN/GaN HEMT 在透明领域应用。

[0006] ZnO 容易实现 n 型掺杂,可以通过 Al、Ga、In 掺杂得到低电阻率 n 型导电特性,其电阻率可以达到  $10^{-4}$  ohm-cm,因此可以作为栅电极金属加以利用。参见文献 AkhleshG and Alvin D C,“All sputtered 14% CdS/CdTe device with ZnO :Al front contact”, 3<sup>rd</sup>World Conference on Photovoltaic Energy Conversion,2003 :352。ZnO 作为栅电极金属材料,人们也有过研究,如成功采用 ZnO 纳米棒作为栅来制作具有特殊应用的 AlGaIn/GaN HEMT 探测器。参见文献 Kang B S, Wang H T and Ren F,“Enzymatic glucose detection using ZnO nanorods on the gate region of AlGaIn/GaN high electron mobility transistors”, Applied Physics Letters,2007,91 :252103-1。我们可以充分利用 Al 掺杂 ZnO 的材料的透明和低电阻率特性,采用其替代 AlGaIn/GaN HEMT 金属电极材料,根据其透明特性可以实现 AlGaIn/GaN HEMT 器件的全透明。而且全透明的 AlGaIn/GaN HEMT 对栅下沟道区域能进行更多的光学研究,同时 ZnO 材料具有很强的抗辐照特性,可以弥补金属电极的不足,提高器件在辐照环境中的可靠性和稳定性。

[0007] 采用 Al 掺杂的 ZnO 材料在 GaN 基材料上形成肖特基接触的研究已有报道。Al 掺杂的 ZnO 材料在 GaN 材料上形成了良好的肖特基整流接触。Pei Yi 等人采用 ITO (Indium Tin Oxide) 材料做 AlGaIn/GaN HEMT 栅电极实现了透明栅器件,但是该器件源漏材料为金属,源漏电极并不透明,参考文献:“AlGaIn/GaN HEMT With a Transparent Gate Electrode, Electron. Device Lett,2007,30 (5) :439”。ITO 材料的电阻率特性和 Al 掺杂 ZnO 相似,但是其抗辐照特性不如 ZnO 材料。

[0008] 离子注入辅助实现 AlGaIn/GaN HEMT 源漏电极低温退火欧姆接触已有报道。为了减小源漏寄生电阻,可以采用源漏注入掺杂杂质的方法来实现低温退火的源漏欧姆接触。参考文献:“Remarkable Reduction of On-Resistance by Ion Implantation in GaN/AlGaIn/GaN HEMTs With Low Gate Leakage Current, Electron. Device Lett,2007,28 (11) :939”。采用离子注入辅助也可以实现 Al 掺杂的 ZnO 材料在 GaN 基材料上的欧姆接触。离子注入形成的重掺杂隧穿效应,可以克服电子势垒,形成欧姆接触。

[0009] AlGaIn/GaN HEMT 适合于微波和数字电路方面的应用,并且在恶劣太空环境中有良好的稳定性和可靠性,尤其在抗辐照,耐高温方面有很好的应用前景。但是常规结构的 AlGaIn/GaN HEMT 栅、源、漏接触由于采用不透明的金属材料,限制了 AlGaIn/GaN HEMT 在透明电子器件领域应用。采用 ITO 材料制作栅极的 AlGaIn/GaN HEMT 仅实现了栅电极透明,但源漏电极并未采用透明材料,故不能实现全透明电子器件应用。ZnO 基透明晶体管虽然可以实现透明领域应用,但是由于 ZnO 材料的击穿场强和材料迁移率都不如 GaN 材料,所以 ZnO 基晶体管在高性能的透明电子器件领域应用还有诸多不足。

## 发明内容

[0010] 本发明目的在于克服上述已有技术的缺点,提出一种全透明 AlGaIn/GaN 高电子迁移率晶体管及其制作方法,以在保持 AlGaIn/GaN HEMT 原有的器件特性优势的条件下,扩展其应用范围,特别是在太空太阳能电池领域的应用。

[0011] 为实现上述目的,本发明的 AlGaIn/GaN 高电子迁移率晶体管,依次包括蓝宝石衬底、GaN 缓冲层、本征 GaN 层、 $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层和 GaN 帽层,帽层上设有源电极、漏电极和栅电极,其中源电极、漏电极和栅电极均采用透明的 ZnO 材料,蓝宝石衬底采用透明双面抛光蓝

宝石,以实现器件全透明。

[0012] 所述的 ZnO 材料为掺杂有  $Al_2O_3$  的透明高电导率材料。

[0013] 为实现上述目的,本发明的 AlGaN/GaN 高电子迁移率晶体管的制作方法,包括如下步骤:

[0014] (1) 在双面抛光蓝宝石基片上,利用 MOCVD 工艺,依次生长 GaN 缓冲层、本征 GaN 层、 $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层和 GaN 帽层;

[0015] (2) 在生长的 GaN 帽层表面利用 PECVD 工艺淀积 100nm-200nm 的 SiN 钝化层;光刻出源漏区域并采用 RIE 干法刻蚀去除源漏区域 SiN;

[0016] (3) 利用 SiN 做掩模在源极、漏极区域采用离子注入工艺注入  $Si^+$  离子;

[0017] (4) 采用光刻剥离工艺在  $Si^+$  离子注入的源极、漏极区域溅射出 100-400nm 厚的 ZnO 层形成透明的源极和漏极;

[0018] (5) 采用光刻剥离工艺在栅极区域溅射出 100-400nm 厚的 ZnO 层形成透明的栅电极。

[0019] 所述的源极、漏极和栅极制作工艺是:采用磁控溅射的方法将靶材为掺有 2-3%  $Al_2O_3$  的 ZnO 粉末,在压强为 1-3Pa,衬底温度为 25-90℃,溅射功率为 30-80W 的条件下,预溅射 ZnO 靶材 5 分钟,以清洁靶材表面和使系统稳定;再在 99.9999% 的高纯氩气气氛中进行溅射,先在  $Si^+$  注入的源漏区域形成 100-400nm 厚的 ZnO 源和漏电极,然后在栅极区域形成 100-400nm 厚的 ZnO 栅电极。

[0020] 本发明与现有技术相比具有如下优点:

[0021] (1) 本发明的器件由于采用了透明的 ZnO 作为栅电极和源漏电极,采用透明的双面抛光蓝宝石衬底,因而能够实现器件的全透明。

[0022] (2) 本发明的器件由于对 ZnO 栅电极和源漏电极进行 Al 掺杂,提高了 ZnO 栅电极和 ZnO 源漏电极的电导率。

[0023] (3) 本发明由于采用 ZnO 作为栅电极和源漏电极,提高了器件的抗辐照特性。

[0024] (4) 本发明实现了器件高特性和全透明,非常适合太空太阳能电池领域的应用,同时也有利于用光学特性分析来研究材料和器件的缺陷、掺杂、电子状态。

## 附图说明

[0025] 图 1 是本发明器件的剖面结构示意图;

[0026] 图 2 是本发明器件的制作工艺流程示意图;

[0027] 图 3 是本发明器件的源漏电极制作工艺流程图;

[0028] 图 4 是本发明器件的栅电极制作工艺流程图。

[0029] 参照图 1,本发明器件的最下层为双面抛光蓝宝石衬底,蓝宝石衬底上为 GaN 缓冲层, GaN 缓冲层上为本征 GaN 层,本征 GaN 层上为 20nm 的  $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层,20nm 的  $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层上为 2nm 的 GaN 帽层;本征 GaN 层和  $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层间形成二维电子气 (2DEG)。GaN 帽层上溅射有  $Al_2O_3$  掺杂的透明 ZnO 源、漏电极和栅电极,采用  $Si^+$  离子注入辅助源漏电极欧姆接触的形成。

[0030] 参照图 2,本发明器件的制作给出以下三种实施例。

[0031] 实施例 1,本发明器件的制作,包括如下步骤:

- [0032] 步骤 1. 外延材料生长。
- [0033] 参照图 1 和图 2, 本步骤的具体实现如下:
- [0034] (101) 在双面抛光蓝宝石衬底基片上, 利用 MOCVD 工艺, 生长 GaN 缓冲层;
- [0035] (102) 在 GaN 缓冲层上, 生长本征 GaN 层;
- [0036] (103) 在本征 GaN 层上, 生长 20nm 厚的  $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层, 本征 GaN 层与  $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层间形成 2DEG;
- [0037] (104) 在  $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层上, 生长 2nm 厚的 GaN 帽层。
- [0038] 步骤 2. 源漏电极制作。
- [0039] 参照图 1 和图 3, 本步骤的具体实现如下:
- [0040] (201) 采用 PECVD 设备对器件进行表面 SiN 覆盖保护;
- [0041] 首先, 将样片放入丙酮超声 2min, 其后在乙醇中超声 1min, 再在超纯水中冲洗 1min, 而后用氮气吹干;
- [0042] 接着, 用 1 : 8 的稀盐酸对样片表面进行处理, 用超纯水冲洗, 用氮气吹干;
- [0043] 最后, 将样品放入到 PECVD 的腔体中, 通入含量为 2% 的  $SiH_4$  气体 200sccm, 氨气 3sccm, 氮气 200sccm, 在压强为 600mT, 温度为 250°C 的条件下, 淀积厚度为 100nm 的氮化硅钝化层;
- [0044] (202) 采用 RIE 干法刻蚀去除源漏区域 SiN 进行离子注入窗口开孔;
- [0045] 在 SiN 覆盖的材料表面甩正胶, 转速为 5000 转 /min, 最后在温度为 80°C 的高温烘箱中烘 10min, 然后在样片光刻露出源漏电极图形;
- [0046] 采用光刻胶做掩模进行 RIE 干法刻蚀, 刻蚀去除源漏区域 SiN 保护层, 刻蚀时采用的电极功率为 50W, 压强为 5mT, 采用  $CF_4/O_2 = 10 : 1$  的气体比例进行刻蚀。
- [0047] (203) 采用离子注入机对源漏区域进行  $Si^+$  注入, 基板温度为 40°C, 注入剂量为  $1 \times 10^{15}/cm^2$ , 注入的离子能量为 50keV; 注入完成后整片干法刻蚀去除 SiN 掩模, 刻蚀时采用的电极功率为 50W, 压强为 5mT, 采用  $CF_4/O_2 = 10 : 1$  的气体比例进行刻蚀。
- [0048] (204) 材料表面甩正胶, 转速为 5000 转 /min, 最后在温度为 80°C 的高温烘箱中烘 10min, 然后在样片再次光刻源漏电极图形。
- [0049] (205) 源漏电极淀积;
- [0050] 首先, 采用 DQ-500 等离子体去胶机去除栅电极图形区未显影干净的光刻胶薄层, 以提高剥离的成品率;
- [0051] 接着, 采用磁控溅射的方法将靶材为掺有 2% 的  $Al_2O_3$  的 ZnO 靶材进行 ZnO 源漏电极的淀积。在压强为 1Pa, 衬底温度为 25°C, 溅射功率为 30W 的条件下, 预溅射 ZnO 靶材 5 分钟, 以清洁靶材表面和使系统稳定, 再在 99.9999% 的高纯氩气气氛中进行溅射, 形成 100nm 的 ZnO 源漏电极;
- [0052] 最后, 将样片放入到丙酮中浸泡 40min 以上后进行超声处理, 去除了非源漏区域的 ZnO 层, 然后用氮气吹干;
- [0053] 步骤 3. 栅电极制作。
- [0054] 参照图 1 和图 4, 本步骤的具体实现如下:
- [0055] (301) 栅电极淀积;
- [0056] 首先, 在该样片上甩正胶, 甩胶台的转速为 5000 转 /min, 放入温度为 80°C 的高温

烘箱中烘 10min,光刻获得栅电极图形;

[0057] 接着,采用 DQ-500 等离子体去胶机去除图形区未显影干净的光刻胶薄层,然后采用磁控溅射的方法将靶材为掺有 2%的  $Al_2O_3$  的 ZnO 靶材进行 ZnO 栅电极的淀积。在压强为 1Pa,衬底温度为 25℃,溅射功率为 30W 的条件下,预溅射 ZnO 靶材 5 分钟,以清洁靶材表面和使系统稳定,再在 99.9999%的高纯氩气气氛中进行溅射,形成 100nm 的 ZnO 栅电极层;

[0058] 最后,将蒸发完源漏金属的样片放入丙酮中浸泡 20min 以上后进行超声处理,然后用氮气吹干形成栅电极,完成器件制作。

[0059] 实施例 2,本发明器件的制作,包括如下步骤:

[0060] 步骤 1. 外延材料生长。

[0061] 参照图 1 和图 2,本步骤的具体实现如下:

[0062] (101) 在双面抛光蓝宝石衬底基片上,利用 MOCVD 工艺,生长 GaN 缓冲层;

[0063] (102) 在 GaN 缓冲层上,生长本征 GaN 层;

[0064] (103) 在本征 GaN 层上,生长 20nm 厚的  $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层,本征 GaN 层与  $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层间形成 2DEG;

[0065] (104) 在  $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层上,生长 2nm 厚的 GaN 帽层。

[0066] 步骤 2. 源漏电极制作。

[0067] 参照图 1 和图 3,本步骤的具体实现如下:

[0068] (201) 采用 PECVD 设备对器件进行表面 SiN 覆盖保护;

[0069] 首先,将样片放入丙酮超声 2min,其后在乙醇中超声 1min,再在超纯水中冲洗 1min,而后用氮气吹干;

[0070] 接着,用 1 : 8 的稀盐酸对样片表面进行处理,用超纯水冲洗,用氮气吹干;

[0071] 最后,将样品放入到 PECVD 的腔体中,通入含量为 2%的  $SiH_4$  气体 200sccm,氩气 3sccm,氮气 200sccm,在压强为 600mT,温度为 250℃的条件下,淀积厚度为 150nm 的氮化硅钝化层;

[0072] (202) 采用 RIE 干法刻蚀去除源漏区域 SiN 进行离子注入窗口开孔;

[0073] 在 SiN 覆盖的材料表面甩正胶,转速为 5000 转 /min,最后在温度为 80℃的高温烘箱中烘 10min,然后在样片光刻露出源漏电极图形;

[0074] 采用光刻胶做掩模进行 RIE 干法刻蚀,刻蚀去除源漏区域 SiN 保护层,刻蚀时采用的电极功率为 50W,压强为 5mT,采用  $CF_4/O_2 = 10 : 1$  的气体比例进行刻蚀。

[0075] (203) 采用离子注入机对源漏区域进行  $Si^+$  注入,基板温度为 40℃,注入剂量为  $1 \times 10^{15}/cm^2$ ,注入的离子能量为 50keV;注入完成后整片干法刻蚀去除 SiN 掩模,刻蚀时采用的电极功率为 50W,压强为 5mT,采用  $CF_4/O_2 = 10 : 1$  的气体比例进行刻蚀。

[0076] (204) 材料表面甩正胶,转速为 5000 转 /min,最后在温度为 80℃的高温烘箱中烘 10min,然后在样片再次光刻源漏电极图形。

[0077] (205) 源漏电极淀积;

[0078] 首先,采用 DQ-500 等离子体去胶机去除栅电极图形区未显影干净的光刻胶薄层,以提高剥离的成品率;

[0079] 接着,采用磁控溅射的方法将靶材为掺有 2.5%的  $Al_2O_3$  的 ZnO 靶材进行 ZnO 源漏电极的淀积。在压强为 2Pa,衬底温度为 50℃,溅射功率为 50W 的条件下,预溅射 ZnO 靶材

5 分钟,以清洁靶材表面和使系统稳定,再在 99.9999%的高纯氩气气氛中进行溅射,形成 200nm 的 ZnO 源漏电极;

[0080] 最后,将样片放入到丙酮中浸泡 40min 以上后进行超声处理,去除了非源漏区域的 ZnO 层,然后用氮气吹干;

[0081] 步骤 3. 栅电极制作。

[0082] 参照图 1 和图 4,本步骤的具体实现如下:

[0083] (301) 栅电极淀积:

[0084] 首先,在该样片上甩正胶,甩胶台的转速为 5000 转 /min,放入温度为 80°C 的高温烘箱中烘 10min,光刻获得栅电极图形;

[0085] 接着,采用 DQ-500 等离子体去胶机去除图形区未显影干净的光刻胶薄层,然后采用磁控溅射的方法将靶材为掺有 2.5%的  $Al_2O_3$  的 ZnO 靶材进行 ZnO 栅电极的淀积。在压强为 2Pa,衬底温度为 50°C,溅射功率为 50W 的条件下,预溅射 ZnO 靶材 5 分钟,以清洁靶材表面和使系统稳定,再在 99.9999%的高纯氩气气氛中进行溅射,形成 200nm 的 ZnO 栅电极层;

[0086] 最后,将蒸发完源漏金属的样片放入丙酮中浸泡 20min 以上后进行超声处理,然后用氮气吹干形成栅电极,完成器件制作。

[0087] 实施例 3,本发明器件的制作,包括如下步骤:

[0088] 步骤 1. 外延材料生长。

[0089] 参照图 1 和图 2,本步骤的具体实现如下:

[0090] (101) 在双面抛光蓝宝石衬底基片上,利用 MOCVD 工艺,生长 GaN 缓冲层;

[0091] (102) 在 GaN 缓冲层上,生长本征 GaN 层;

[0092] (103) 在本征 GaN 层上,生长 20nm 厚的  $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层,本征 GaN 层与  $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层间形成 2DEG;

[0093] (104) 在  $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$  层上,生长 2nm 厚的 GaN 帽层。

[0094] 步骤 2. 源漏电极制作。

[0095] 参照图 1 和图 3,本步骤的具体实现如下:

[0096] (201) 采用 PECVD 设备对器件进行表面 SiN 覆盖保护;

[0097] 首先,将样片放入丙酮超声 2min,其后在乙醇中超声 1min,再在超纯水中冲洗 1min,而后用氮气吹干;

[0098] 接着,用 1 : 8 的稀盐酸对样片表面进行处理,用超纯水冲洗,用氮气吹干;

[0099] 最后,将样品放入到 PECVD 的腔体中,通入含量为 2%的  $SiH_4$  气体 200sccm,氨气 3sccm,氮气 200sccm,在压强为 600mT,温度为 250°C 的条件下,淀积厚度为 200nm 的氮化硅钝化层;

[0100] (202) 采用 RIE 干法刻蚀去除源漏区域 SiN 进行离子注入窗口开孔;

[0101] 在 SiN 覆盖的材料表面甩正胶,转速为 5000 转 /min,最后在温度为 80°C 的高温烘箱中烘 10min,然后在样片光刻露出源漏电极图形;

[0102] 采用光刻胶做掩模进行 RIE 干法刻蚀,刻蚀去除源漏区域 SiN 保护层,刻蚀时采用的电极功率为 50W,压强为 5mT,采用  $CF_4/O_2 = 10 : 1$  的气体比例进行刻蚀。

[0103] (203) 采用离子注入机对源漏区域进行  $Si^+$  注入,基板温度为 40°C,注入剂量为



$1 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ , 注入的离子能量为 50keV; 注入完成后整片干法刻蚀去除 SiN 掩模, 刻蚀时采用的电极功率为 50W, 压强为 5mT, 采用  $\text{CF}_4/\text{O}_2 = 10 : 1$  的气体比例进行刻蚀。

[0104] (204) 材料表面甩正胶, 转速为 5000 转 /min, 最后在温度为 80°C 的高温烘箱中烘 10min, 然后在样片再次光刻源漏电极图形。

[0105] (205) 源漏电极淀积;

[0106] 首先, 采用 DQ-500 等离子体去胶机去除栅电极图形区未显影干净的光刻胶薄层, 以提高剥离的成品率;

[0107] 接着, 采用磁控溅射的方法将靶材为掺有 3% 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的 ZnO 靶材进行 ZnO 源漏电极的淀积。在压强为 3Pa, 衬底温度为 90°C, 溅射功率为 80W 的条件下, 预溅射 ZnO 靶材 5 分钟, 以清洁靶材表面和使系统稳定, 再在 99.9999% 的高纯氩气气氛中进行溅射, 形成 400nm 的 ZnO 源漏电极;

[0108] 最后, 将样片放入到丙酮中浸泡 40min 以上后进行超声处理, 去除了非源漏区域的 ZnO 层, 然后用氮气吹干;

[0109] 步骤 3. 栅电极制作。

[0110] 参照图 1 和图 4, 本步骤的具体实现如下:

[0111] (301) 栅电极淀积:

[0112] 首先, 在该样片上甩正胶, 甩胶台的转速为 5000 转 /min, 放入温度为 80°C 的高温烘箱中烘 10min, 光刻获得栅电极图形;

[0113] 接着, 采用 DQ-500 等离子体去胶机去除图形区未显影干净的光刻胶薄层, 然后采用磁控溅射的方法将靶材为掺有 3% 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的 ZnO 靶材进行 ZnO 栅电极的淀积。在压强为 3Pa, 衬底温度为 90°C, 溅射功率为 80W 的条件下, 预溅射 ZnO 靶材 5 分钟, 以清洁靶材表面和使系统稳定, 再在 99.9999% 的高纯氩气气氛中进行溅射, 形成 400nm 的 ZnO 栅电极层;

[0114] 最后, 将蒸发完源漏金属的样片放入丙酮中浸泡 20min 以上后进行超声处理, 然后用氮气吹干形成栅电极, 完成器件制作。

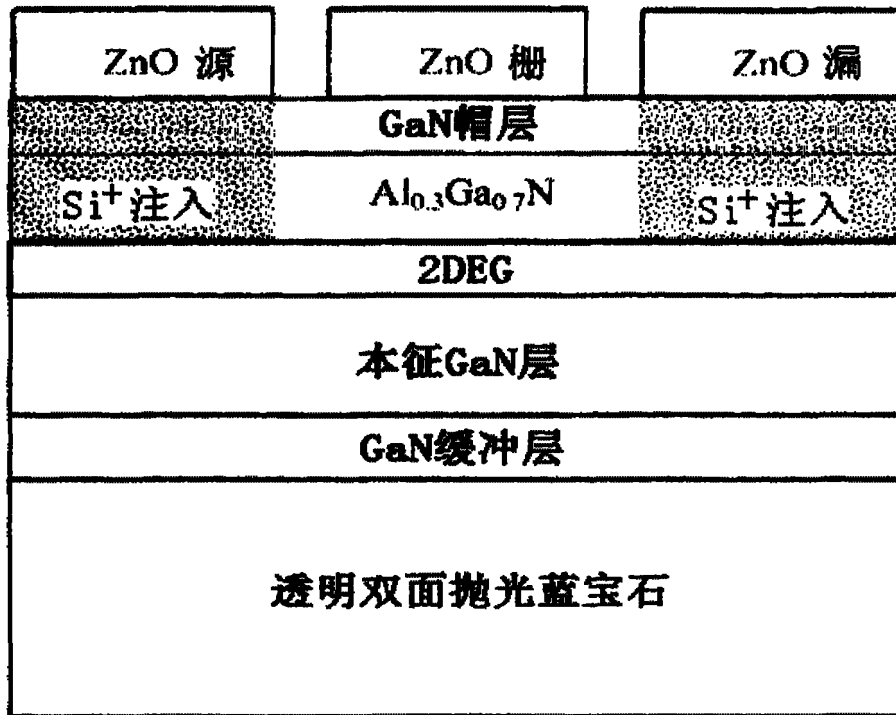


图 1

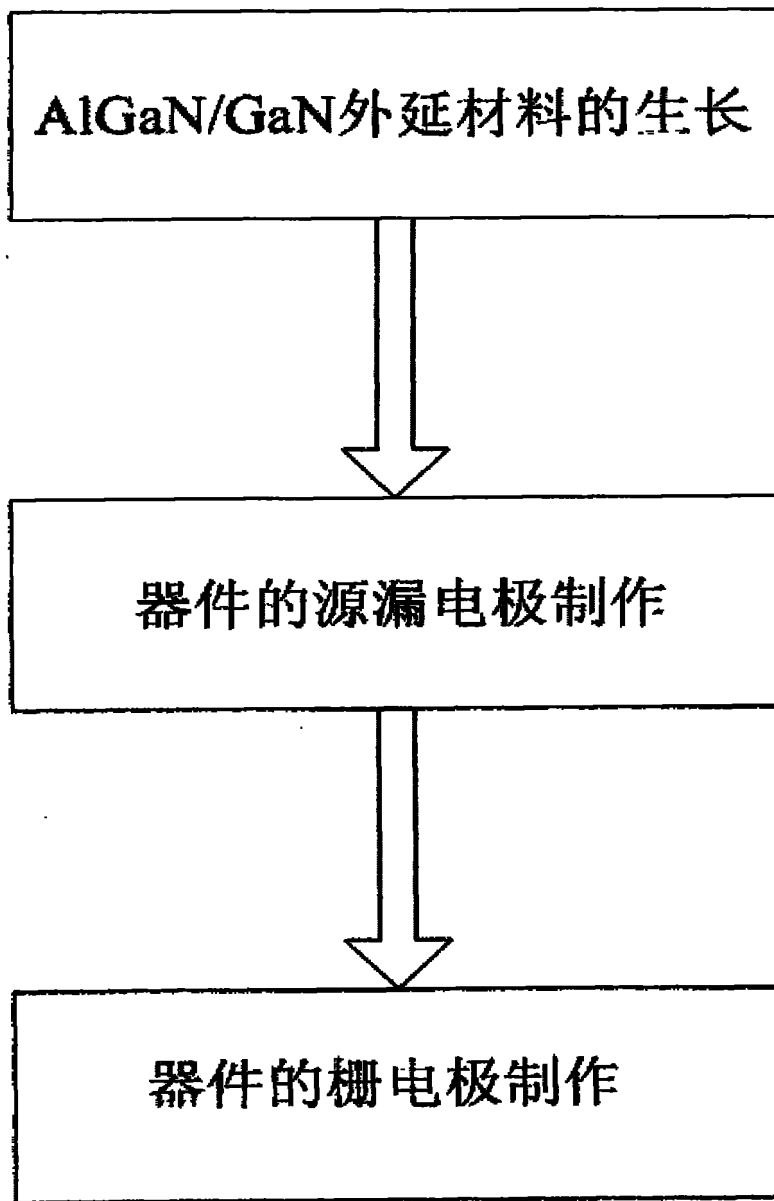


图 2

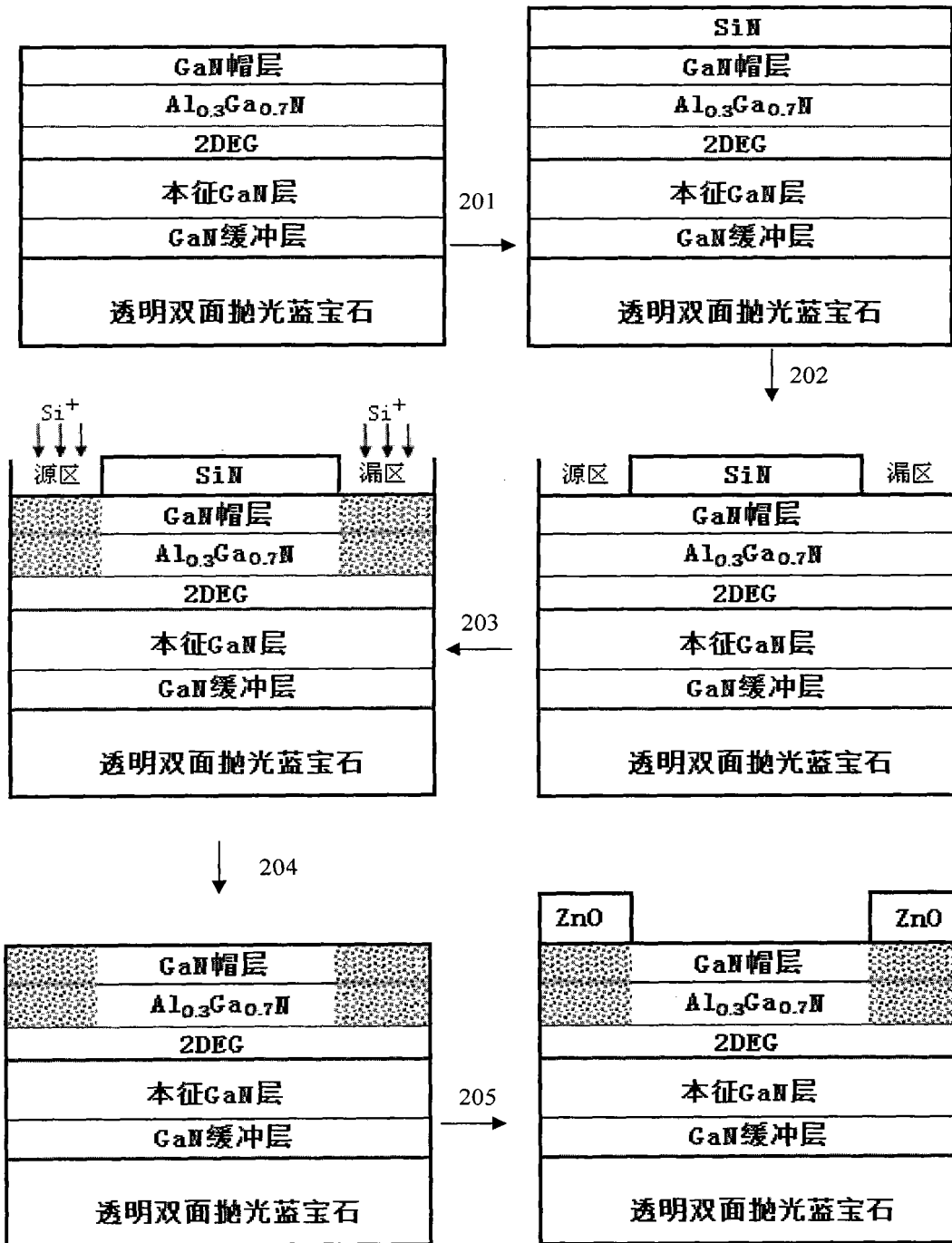


图 3

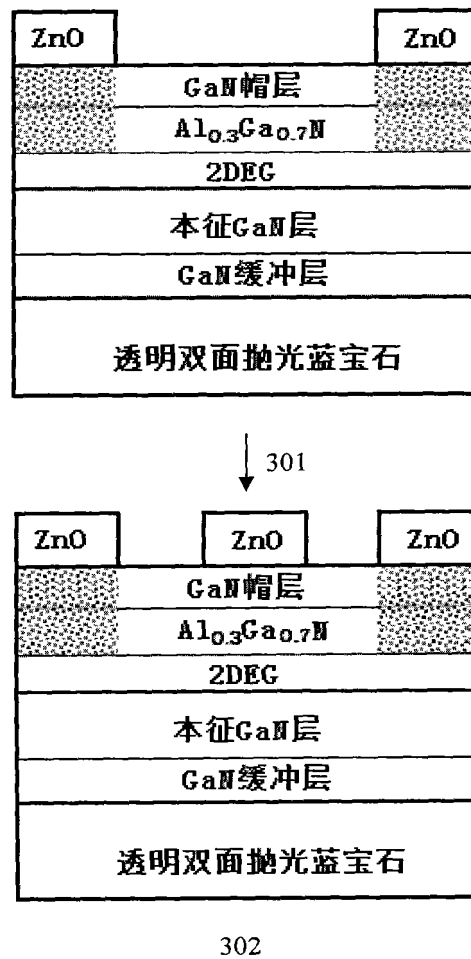


图 4