

N 极性面 AlGa_N 基紫外光电探测器外延结构及其制备方法

技术领域

本发明涉及光电器件探测器技术领域，特别涉及一种 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构及其制备方法。

背景技术

以 GaN 为代表的 III 族氮化物材料是新一代光电器件的热点材料，由于其较宽的禁带宽度、较快的工作速度、优异的导电导热性能和损耗极低等优良特性，被视为是实现高性能光电器件小型化的优异替代材料。然而传统的金属极性的 AlGa_N 光电探测器外延结构由于高温热稳定性弱、材料内部极化电场影响等缺陷的限制，同时随着 N 极性面 III 族氮化物材料制备工艺的日渐成熟，N 极性 AlGa_N 材料被视为传统金属极性 AlGa_N 基光电探测器的替代材料。由于 N 极性面 AlGa_N 相比于传统金属极性面具有相反的内建电场方向、更活泼的表面状态，因此现阶段通过传统方法进行 N 极性面 AlGa_N 材料的生长不能有效提高其表面质量。

发明内容

为了解决上述现有技术的不足，本发明提供了一种 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构及其制备方法，该 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器工作响应度大，灵敏度高。

本发明的第一个目的在于提供一种 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构。

本发明的第二个目的在于提供一种 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构的制备方法。

本发明的第一个目的可以通过采取如下技术方案达到：

一种 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构，包括在硅衬底上依次生长的非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层、碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层、碳掺杂 N 极性面组分渐变 Al_yGa_{1-y}N 缓冲层和非掺杂 N 极性面 Al_xGa_{1-x}N 层；其中， $x=0.5\sim0.8$ ， $y=0.75\sim0.95$ 。

进一步的，所述非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层包括低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层和高温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层，所述低温生长非掺杂 N 极性 AlN 缓冲层生长在所述硅衬底上，所述高温生长非掺杂 N 极性 AlN 缓冲层生长在所述低温生长非掺杂 N 极性 AlN 缓冲层上。

进一步的，所述低温生长非掺杂 N 极性 AlN 缓冲层的厚度为 100~150nm，所述高

温生长非掺杂 N 极性 AlN 缓冲层的厚度为 250~380nm。

进一步的,所述碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层的厚度为 380~440nm,掺杂浓度为 $6.0 \times 10^{17} \sim 4.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。

进一步的,所述碳掺杂 N 极性面组分渐变 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 缓冲层的厚度为 480~630nm,掺杂浓度为 $5.0 \times 10^{16} \sim 2.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 。

进一步的,所述非掺杂 N 极性面 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层的厚度为 300~450nm。

进一步的,所述硅衬底采用单晶硅衬底,以 Si(111)密排面为外延面,以 AlN[0001]方向作为材料外延生长方向。

本发明的第二个目的可以通过采取如下技术方案达到:

一种 N 极性面 AlGaN 紫外光电探测器外延结构的制备方法,所述方法包括:

将所述硅衬底进行超声清洗后吹干;

采用脉冲激光沉积工艺,将所述硅衬底放入真空室中,在所述硅衬底上外延生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层,从而制得 N 极性面 AlN 样品;

采用金属有机物化学气相沉积设备生长法,将所述 N 极性 AlN 样品放入生长腔室内,并向腔室内通入 NH_3 、 N_2 、 H_2 、 CH_4 和三甲基铝,在所述非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层上外延生长碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层;

在完成所述碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层生长后,将腔体温度降低,同时向腔室内通入三甲基镓,在所述碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层上原位生长碳掺杂 N 极性面组分渐变 AlGaN 缓冲层;

在金属有机化合物化学气相沉积设备中完成所述碳掺杂 N 极性面组分渐变 AlGaN 缓冲层生长后,关闭 CH_4 的气路,将腔体温度升高,在所述碳掺杂 N 极性面组分渐变 AlGaN 缓冲层上原位生长非掺杂 N 极性 AlGaN 层,同时通过调整三甲基铝流量与生长温度,调控膜层 Al 组分变化。

进一步的,所述在所述硅衬底外延生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层,从而制得 N 极性面 AlN 样品,具体包括:

所述硅衬底在富 N 条件下生长低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层,Al 源为 AlN 高纯陶瓷靶材;

在完成所述低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层生长后,将系统温度升高,腔体内真空度、激光能量、激光频率和氮气流量保持不变,在所述低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层上生长高温非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层,从而制得 N 极性面 AlN 样品。

进一步的,所述硅衬底采用单晶硅衬底,以 Si(111)密排面为外延面,以 AlN[0001]

方向作为材料外延生长方向。

本发明相对于现有技术具有如下的有益效果：

1、本发明提供的 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构，在非掺杂 N 极性面 AlGa_N 层下面生长一层碳掺杂的步进式 N 极性 AlGa_N 薄膜，通过增强载流子的迁移率，能够有效增加非掺杂 N 极性 AlGa_N 薄膜的光电流的产生，增强 AlGa_N 基紫外探测器的功率和探测率。

2、本发明使用 N 极性 AlGa_N 作为器件的基础材料，相比于金属极性的 AlGa_N 材料，能够有效提高器件结构的高温稳定性，并减少 AlGa_N 内部极化电场的影响，有效提高紫外光电探测器的光电响应度并有效降低后续器件加工难度。

3、本发明采用低温脉冲激光沉积结合高温 MOCVD 的两步生长法，生长 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构所需要的材料，并通过步进式的 AlGa_N 外延缓冲层的结构设计，可以有效抑制 III 族氮化物与硅衬底间在高温下存在的回炉刻蚀反应、以及异质结构间较大的晶格失配，从而降低高温 MOCVD 生长的 N 极性 AlGa_N 外延层的位错密度和表面粗糙度。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图示出的结构获得其他的附图。

图 1 为本发明实施例的在 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构示意图。

图 2 为本发明实施例的 N 极性 AlGa_N 外延片表面形貌原子力显微镜图。

图 3 为本发明实施例的 N 极性 AlGa_N(0002)薄膜 X 射线摇摆曲线测试图。

图 1 中：

1-硅衬底、2-低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层、3-高温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层、4-碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层、5-碳掺杂 N 极性面组分渐变 AlGa_N 缓冲层、6-非掺杂 N 极性面 AlGa_N 层。

具体实施方式

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例，基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发

明保护的范围。应当理解，描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

实施例：

本实施例提供了一种 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构的制备方法，所述方法包括：

所述硅衬底采用单晶硅衬底，以 Si(111)密排面为外延面，以 AlN[0001]方向作为材料外延生长方向；

将所述硅衬底依次放入丙酮、无水乙醇、去离子水三种介质中，依次超声清洗，取出后用去离子水冲洗并使用热高纯氮气吹干；

采用脉冲激光沉积工艺，将所述硅衬底放入真空室中，将温度升高至 420~500℃、腔体内真空度抽至 $2.0 \times 10^{-4} \sim 4.0 \times 10^{-4}$ torr、激光能量为 250~320mJ、激光频率为 15~30Hz、氮气流量为 2~10sccm，在富 N 条件下生长 N 极性 AlN 薄膜，Al 源为 AlN 高纯陶瓷靶材；

在完成所述 N 极性 AlN 薄膜生长后，将温度升高至 850℃，腔体内真空度、激光能量、激光频率和氮气流量保持不变，在所述 N 极性 AlN 薄膜上外延生长高温非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层，从而制得 N 极性面 AlN 样品；

采用金属有机化合物化学气相沉积生长法（MOCVD 技术），将制备的所述 N 极性 AlN 样品放入生长腔室内，将腔室真空度抽至 $2.0 \times 10^{-6} \sim 4.0 \times 10^{-6}$ torr，温度升至 1000~1100℃，并向腔室内通入 NH₃、N₂、H₂、CH₄ 和三甲基铝，在所述高温非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层的外延片上外延生长碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层；气相沉积中，反应室气压为 180~220torr，NH₃、H₂、CH₄、三甲基铝流量分别为 30~50slm、60~100slm、10~20slm 和 350~440sccm；

在完成所述碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层生长后，将腔体温度降至 770~800℃，同时向腔室内通入三甲基镓，在外延片上原位生长碳掺杂 N 极性面组分渐变 AlGa_N 缓冲层；气相沉积中反应室气压为 180~240torr，NH₃、H₂、CH₄、三甲基铝和三甲基镓流量分别为 30~50slm、60~100slm、15~24slm、400~450sccm 和 100~150sccm；

在 MOCVD 中完成所述碳掺杂 N 极性面组分渐变 AlGa_N 缓冲层生长后，关闭 CH₄ 的气路，将腔体温度升至 820~850℃，在外延片上原位生长非掺杂 N 极性 AlGa_N 层；气相沉积中反应室气压为 180~240torr，NH₃、H₂、三甲基铝和三甲基镓流量分别为 30~50slm、60~100slm、400~450sccm 和 100~150sccm，同时，通过调整三甲基铝流量与生长温度，调控膜层 Al 组分变化。

本实施例制备得到的 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构参见图 1。

在一个实施例中，一种 N 极性面 AlGa_N 基紫外光电探测器外延结构的制备方法，具体如下：

(1)衬底及其晶向的选取：采用单晶硅衬底，以 Si(111)密排面作为外延面，以 AlN[0001]方向作为材料外延生长方向；

(2)衬底表面清洗：将硅衬底依次放入丙酮、无水乙醇、去离子水三种介质中，依次超声清洗 5min，取出后用去离子水冲洗并使用热高纯氮气吹干；

(3)非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层低温外延生长：采用脉冲激光沉积工艺，将洁净衬底放入真空室中，将衬底温度升高至 450℃，腔内真空度抽至 2.0×10^{-4} torr，激光能量为 300mJ，激光频率为 15Hz，氮气流量为 4sccm，富 N 条件下生长 N 极性 AlN 薄膜，Al 源为 AlN 高纯陶瓷靶材；

(4)非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层高温外延生长：将温度升高至 850℃，其他参数保持与步骤 (3) 相同；

(5)碳掺杂 N 极性 AlN 层外延生长：采用 MOCVD 技术，将已制备的 N 极性 AlN 样品放入生长腔室内，将腔室真空度抽至 3.0×10^{-6} ，温度升至 1050℃，并向腔室内通入 NH₃、N₂、H₂、CH₄、三甲基铝，在步骤(4)得到的外延片上外延生长碳掺杂 N 极性面 AlN 层；所述气相沉积中，反应室气压为 200torr，NH₃、H₂、CH₄、三甲基铝流量分别为 40slm、75slm、17slm、400sccm；

(6)碳掺杂 N 极性面组分渐变 Al_yGa_{1-y}N 层外延生长：在 MOCVD 中完成步骤(5)膜层生长后，将腔体温度降至 780℃，同时向腔室内通入三甲基镓，在外延片上原位生长碳掺杂 N 极性面组分渐变 AlGa_N 缓冲层。所述气相沉积中反应室气压为 210torr，NH₃、H₂、CH₄、三甲基铝和三甲基镓流量分别为 40slm、80slm、20slm、400sccm、20/100sccm (y=0.95 时，流量为 20sccm；当 y=0.75，流量为 100sccm)；

(7)非掺杂 N 极性 Al_xGa_{1-x}N 层外延生长：在 MOCVD 中完成步骤(6)膜层生长后，关闭 CH₄ 的气路，将腔体温度升至 830℃，在外延片上原位生长非掺杂 N 极性 AlGa_N 层。所述气相沉积中反应室气压为 210torr，NH₃、H₂、三甲基铝和三甲基镓流量分别为 40slm、80slm、430sccm、120sccm。同时，通过调整三甲基铝流量与生长温度调控膜层 Al 组分变化。

本实施例得到的 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构，包括在硅衬底 1 上依次生长的非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层（包括低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层 2 和高温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层 3）、碳掺杂 N 极性面 AlN 层 4、碳掺杂 N 极性面组分渐变 Al_yGa_{1-y}N 缓冲层 5 和非掺杂 N 极性面 Al_xGa_{1-x}N 层 6；其中，非掺杂 N 极性面 AlN 层缓冲层为 420nm，其中低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层厚度为 120nm，高温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层厚度为 300nm，碳掺杂 N 极性面 AlN 层厚度为

380nm, 掺杂浓度为 $2.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$; 碳掺杂 N 极性面组分渐变 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ (由下往上 y 的取值从 0.95 变化到 0.75) 缓冲层厚度为 500nm, 掺杂浓度为 $1.5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$; 非掺杂 N 极性面 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层厚度为 300nm。

本实施例制备得到的 N 极性面 AlGaIn 紫外光电探测器外延结构参见图 1, 该生长条件下生长的外延结构中, AlGaIn 薄膜表面原子力显微镜表征图参见图 2, 可见表面质量较好; N 极性 AlGaIn(0002)薄膜 X 射线摇摆曲线测试结果参见图 3, 可见薄膜晶体质量良好。

在一个实施例中, 一种 N 极性面 AlGaIn 基紫外光电探测器外延结构的制备方法, 具体如下:

(1)衬底及其晶向的选取: 采用单晶硅衬底, 以 Si(111)密排面作为外延面, 以 AlN[0001]方向作为材料外延生长方向;

(2)衬底表面清洗: 将硅衬底依次放入丙酮、无水乙醇、去离子水三种介质中, 依次超声清洗 5min, 取出后用去离子水冲洗并使用热高纯氮气吹干;

(3)非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层低温外延生长: 采用脉冲激光沉积工艺, 将洁净衬底放入真空室中, 将衬底温度升高至 420°C , 腔内真空度抽至 $2.0 \times 10^{-4} \text{torr}$, 激光能量为 250mJ, 激光频率为 15Hz, 氮气流量为 2sccm, 富 N 条件下生长 N 极性 AlN 薄膜, Al 源为 AlN 高纯陶瓷靶材;

(4)非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层高温外延生长: 将温度升高至 950°C , 其他参数保持与步骤 (3) 相同;

(5)碳掺杂 N 极性 AlN 层外延生长: 采用 MOCVD 技术, 将已制备的 N 极性 AlN 样品放入生长腔室内, 将腔室真空度抽至 $2.0 \times 10^{-6} \text{torr}$, 温度升至 1000°C , 并向腔室内通入 NH_3 、 N_2 、 H_2 、 CH_4 、三甲基铝, 在步骤(4)得到的外延片上外延生长碳掺杂 N 极性面 AlN 层; 所述气相沉积中, 反应室气压为 180torr, NH_3 、 H_2 、 CH_4 、三甲基铝流量分别为 30slm、65slm、13slm、380sccm;

(6)碳掺杂 N 极性面组分渐变 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 层外延生长: 在 MOCVD 中完成步骤(5)膜层生长后, 将腔体温度降至 780°C , 同时向腔室内通入三甲基镓, 在外延片上原位生长碳掺杂 N 极性面组分渐变 AlGaIn 缓冲层。所述气相沉积中反应室气压为 210torr, NH_3 、 H_2 、 CH_4 、三甲基铝和三甲基镓流量分别为 30slm、60slm、15slm、420sccm、20/100sccm (y=0.95 时, 流量为 20sccm; 当 y=0.75, 流量为 100sccm) ;

(7)非掺杂 N 极性 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层外延生长: 在 MOCVD 中完成步骤(6)膜层生长后, 关闭 CH_4 的气路, 将腔体温度升至 830°C , 在外延片上原位生长非掺杂 N 极性 AlGaIn 层。所述气相沉积中反应室气压为 210torr, NH_3 、 H_2 、三甲基铝和三甲基镓流量分别

为 40slm、80slm、430sccm、120sccm。同时，通过调整三甲基铝流量与生长温度调控膜层 Al 组分变化。

本实施例得到的 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构，包括在硅衬底上依次生长的非掺杂 N 极性面 AlN 层缓冲层、碳掺杂 N 极性面 AlN 层、碳掺杂 N 极性面组分渐变 Al_yGa_{1-y}N 缓冲层（由下往上 y=0.95~0.75）、非掺杂 N 极性面 Al_xGa_{1-x}N 层；所述非掺杂 N 极性面 AlN 层缓冲层为 420nm，其中低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层厚度为 120nm，高温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层厚度为 300nm；碳掺杂 N 极性面 AlN 层厚度为 380nm，掺杂浓度为 $6.0 \times 10^{17} \sim 4.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ；碳掺杂 N 极性面组分渐变 Al_yGa_{1-y}N（由下往上 y=0.95~0.75）缓冲层厚度为 500nm，掺杂浓度为 $5.0 \times 10^{16} \sim 2.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ；非掺杂 N 极性面 Al_xGa_{1-x}N 层厚度为 300nm。

本实施例制备的 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构测试结果参见图 3。

在一个实施例中，一种 N 极性面 AlGa_N 基紫外光电探测器外延结构的制备方法，具体如下：

(1)衬底及其晶向的选取：采用单晶硅衬底，以 Si(111)密排面作为外延面，以 AlN[0001]方向作为材料外延生长方向；

(2)衬底表面清洗：将硅衬底依次放入丙酮、无水乙醇、去离子水三种介质中，依次超声清洗 5min，取出后用去离子水冲洗并使用热高纯氮气吹干；

(3)非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层低温外延生长：采用脉冲激光沉积工艺，将洁净衬底放入真空室中，将衬底温度升高至 500℃，腔内真空度抽至 $2.0 \times 10^{-4} \text{torr}$ ，激光能量为 320mJ，激光频率为 25Hz，氮气流量为 10sccm，富 N 条件下生长 N 极性 AlN 薄膜，Al 源为 AlN 高纯陶瓷靶材；

(4)非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层高温外延生长：将温度升高至 1000℃，其他参数保持与步骤（3）相同；

(5)碳掺杂 N 极性 AlN 层外延生长：采用 MOCVD 技术，将已制备的 N 极性 AlN 样品放入生长腔室内，将腔室真空度抽至 4.0×10^{-6} ，温度升至 1100℃，并向腔室内通入 NH₃、N₂、H₂、CH₄、三甲基铝，在步骤(4)得到的外延片上外延生长碳掺杂 N 极性面 AlN 层；所述气相沉积中，反应室气压为 200torr（180~220），NH₃、H₂、CH₄、三甲基铝流量分别为 50slm、85slm、20slm、440sccm；

(6)碳掺杂 N 极性面组分渐变 Al_yGa_{1-y}N 层外延生长：在 MOCVD 中完成步骤(5)膜层生长后，将腔体温度降至 780℃，同时向腔室内通入三甲基镓，在外延片上原位生长碳掺杂 N 极性面组分渐变 AlGa_N 缓冲层。所述气相沉积中反应室气压为 210torr，NH₃、H₂、CH₄、三甲基铝和三甲基镓流量分别为 50slm、100slm、24slm、450sccm、20/100sccm

($y=0.95$ 时, 流量为 20sccm; 当 $y=0.75$, 流量为 100sccm);

(7)非掺杂 N 极性 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层外延生长: 在 MOCVD 中完成步骤(6)膜层生长后, 关闭 CH_4 的气路, 将腔体温度升至 850°C , 在外延片上原位生长非掺杂 N 极性 AlGaIn 层。所述气相沉积中反应室气压为 240torr, NH_3 、 H_2 、三甲基铝和三甲基镓流量分别为 50slm、100slm、450sccm、120sccm。同时, 通过调整三甲基铝流量与生长温度调控膜层 Al 组分变化。

本实施例得到的 N 极性面 AlGaIn 紫外光电探测器外延结构, 包括在硅衬底上依次生长的非掺杂 N 极性面 AlN 层缓冲层、碳掺杂 N 极性面 AlN 层、碳掺杂 N 极性面组分渐变 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 缓冲层(由下往上 $y=0.95\sim 0.75$)和非掺杂 N 极性面 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层; 所述非掺杂 N 极性面 AlN 层缓冲层为 500nm, 其中低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层厚度为 150nm, 高温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层厚度为 350nm; 碳掺杂 N 极性面 AlN 层厚度为 400nm, 掺杂浓度为 $2.0\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$; 碳掺杂 N 极性面组分渐变 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ (由下往上 $y=0.95, 0.75$) 缓冲层厚度为 550nm, 掺杂浓度为 $1.5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$; 非掺杂 N 极性面 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层厚度为 350nm。

本实施例制备的 N 极性面 AlGaIn 紫外光电探测器外延结构测试结果参见图 3。

以上所述, 仅为本发明专利较佳的实施例, 但本发明专利的保护范围并不局限于此, 任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明专利所公开的范围内, 根据本发明专利的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变, 都属于本发明专利的保护范围。

权 利 要 求 书

1、一种 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构，其特征在于，包括在硅衬底上依次生长的非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层、碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层、碳掺杂 N 极性面组分渐变 Al_yGa_{1-y}N 缓冲层和非掺杂 N 极性面 Al_xGa_{1-x}N 层；其中， $x=0.5\sim0.8$ ， $y=0.75\sim0.95$ 。

2、根据权利要求 1 所述的 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构，其特征在于，所述非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层包括低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层和高温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层，所述低温生长非掺杂 N 极性 AlN 缓冲层生长在所述硅衬底上，所述高温生长非掺杂 N 极性 AlN 缓冲层生长在所述低温生长非掺杂 N 极性 AlN 缓冲层上。

3、根据权利要求 2 所述的 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构，其特征在于，所述低温生长非掺杂 N 极性 AlN 缓冲层的厚度为 100~150nm，所述高温生长非掺杂 N 极性 AlN 缓冲层的厚度为 250~380nm。

4、根据权利要求 1 所述的 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构，其特征在于，所述碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层的厚度为 380~440nm，掺杂浓度为 $6.0\times10^{17}\sim4.0\times10^{18}\text{cm}^{-3}$ 。

5、根据权利要求 1 所述的 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构，其特征在于，所述碳掺杂 N 极性面组分渐变 Al_yGa_{1-y}N 缓冲层的厚度为 480~630nm，掺杂浓度为 $5.0\times10^{16}\sim2.0\times10^{17}\text{cm}^{-3}$ 。

6、根据权利要求 1 所述的 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构，其特征在于，所述非掺杂 N 极性面 Al_xGa_{1-x}N 层的厚度为 300~450nm。

7、根据权利要求 1~6 任一项所述的 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构，其特征在于，所述硅衬底采用单晶硅衬底，以 Si(111)密排面为外延面，以 AlN[0001] 方向作为材料外延生长方向。

8、一种如权利要求 1~7 任一项所述 N 极性面 AlGa_N 紫外光电探测器外延结构的制备方法，其特征在于，所述方法包括：

将所述硅衬底进行超声清洗后吹干；

采用脉冲激光沉积工艺，将所述硅衬底放入真空室中，在所述硅衬底上外延生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层，从而制得 N 极性面 AlN 样品；

采用金属有机物化学气相沉积设备生长法，将所述 N 极性 AlN 样品放入生长腔室内，并向腔室内通入 NH₃、N₂、H₂、CH₄ 和三甲基铝，在所述非掺杂 N 极性面 AlN 缓

冲层上外延生长碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层；

在完成所述碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层生长后，将腔体温度降低，同时向腔室内通入三甲基镓，在所述碳掺杂半绝缘化 N 极性 AlN 缓冲层上原位生长碳掺杂 N 极性面组分渐变 AlGa_N 缓冲层；

在金属有机化合物化学气相沉积设备中完成所述碳掺杂 N 极性面组分渐变 AlGa_N 缓冲层生长后，关闭 CH₄ 的气路，将腔体温度升高，在所述碳掺杂 N 极性面组分渐变 AlGa_N 缓冲层上原位生长非掺杂 N 极性 AlGa_N 层，同时通过调整三甲基铝流量与生长温度，调控膜层 Al 组分变化。

9、根据权利要求 8 所述的制备方法，其特征在于，所述在所述硅衬底外延生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层，从而制得 N 极性面 AlN 样品，具体包括：

所述硅衬底在富 N 条件下生长低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层，Al 源为 AlN 高纯陶瓷靶材；

在完成所述低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层生长后，将系统温度升高，腔体内真空度、激光能量、激光频率和氮气流量保持不变，在所述低温生长非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层上生长高温非掺杂 N 极性面 AlN 缓冲层，从而制得 N 极性面 AlN 样品。

10、根据权利要求 8 所述的制备方法，其特征在于，所述硅衬底采用单晶硅衬底，以 Si(111)密排面为外延面，以 AlN[0001]方向作为材料外延生长方向。