



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104300047 B

(45)授权公告日 2017.06.23

(21)申请号 201410535513.2

H01L 33/06(2010.01)

(22)申请日 2014.10.11

H01L 33/00(2010.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104300047 A

(56)对比文件

CN 103346217 A, 2013.10.09,

CN 103887381 A, 2014.06.25,

CN 103035790 A, 2013.04.10,

KR 10-2005-0000846 A, 2005.01.06,

CN 102969341 A, 2013.03.13,

(43)申请公布日 2015.01.21

(73)专利权人 华芯半导体科技有限公司

地址 225500 江苏省泰州市姜堰区现代科技产业园(群东路南侧)

审查员 魏芳芳

(72)发明人 王智勇 张杨 杨翠柏 杨光辉

(74)专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限公司

公司 11327

代理人 陈英俊

(51)Int.Cl.

H01L 33/02(2010.01)

H01L 33/32(2010.01)

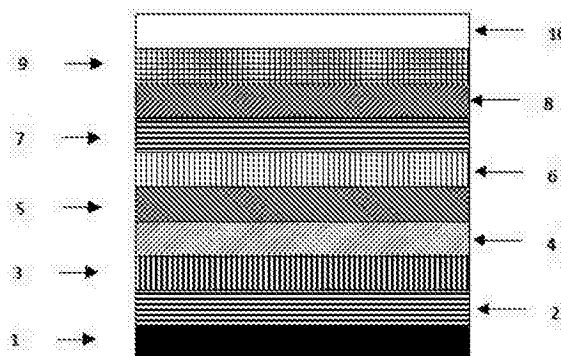
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种Si基GaN的LED结构及其制作方法

(57)摘要

一种Si基GaN的LED结构及其制作方法,该其结构依次包括Si衬底、第一高温AlN、组分渐变AlGaN或AlN/GaN超晶格、第二高温AlN、GaN非掺杂层、P型接触层、高温P型GaN层、P型电子阻挡层、多量子阱层、N型GaN层;所述第一高温AlN、组分渐变AlGaN或AlN/GaN超晶格、第二高温AlN组成的三明治结构缓冲层。本发明中三明治缓冲层结构以夹心层形成裂纹的形式来缓解结构材料与Si衬底之间的晶格失配和热失配,同时在衬底剥离之后,在P型GaN表面形成光线的漫反射区从而有效提高氮化镓基发光二极管的发光效率。



1. 一种硅衬底氮化镓基发光二极管结构,其特征在于:该结构依次包括Si衬底(1)、由第一高温AlN(2)、组分渐变AlGa_xN或AlN/GaN超晶格(3)、第二高温AlN(4)组成的三明治结构缓冲层、Ga_{1-x}N非掺杂层(5)、P型接触层(6)、高温P型Ga_{1-x}N层(7)、P型电子阻挡层(8)、多量子阱层(9)、N型Ga_{1-x}N层(10)。

2. 根据权利要求1所述的结构,其特征在于:高温AlN生长厚度为60-100nm,生长温度为1050-1150℃,生长压力50-200torr;三明治结构中的上下两层生长条件一致;三明治夹心层的渐变组分AlGa_xN的Al组分由1渐变至0,或者AlN/GaN超晶格参数为2nm/2nm,20-30个周期;夹心层总厚度在1μm以内;所述的Ga_{1-x}N非掺杂层(5)厚度为1-1.2μm,生长温度在1000-1200℃之间,压力在100-600Torr之间,V/III比为100-3000;所述的P型接触层(6)厚度为5-20nm,生长温度在850-1050℃之间,生长时间为1-10min,压力在100-500Torr之间,V/III比为1000-20000;所述的高温P型Ga_{1-x}N层(7)生长温度在850-950℃之间,生长时间为5-30min,压力在100-500Torr之间,V/III比为300-5000;所述的P型电子阻挡层(8)为生长厚度为20-70nm的P型AlGa_{1-x}In_xN层,生长温度在700-1100℃之间,压力在100-600Torr之间,V/III比为100-3000;所述的多量子阱层(9)包括3-15个依次交叠的量子阱结构,所述量子阱结构由In_xGa_(1-x)N(0<x<1)势阱层和Ga_{1-x}N势垒层依次生长而成,所述In_xGa_(1-x)N势阱层的生长温度在720-820℃之间,压力在100-500Torr之间,V/III比为300-5000,厚度在2-5nm之间;所述的N型Ga_{1-x}N层(10)厚度为1.2-1.5μm,生长温度在1000-1200℃之间,压力在100-600Torr之间,V/III比为100-3000;所述的三明治结构缓冲层在最后需要应力弛豫形成裂纹。

3. 根据权利要求1所述的结构,其特征在于:所述硅衬底(1)氮化镓基发光二极管结构的生长,是以高纯氢气(H₂)或氮气(N₂)作为载气,以三甲基镓(TMGa)、三乙基镓(TEGa)和氨气(NH₃)分别作为Ga和N源,用硅烷(SiH₄)和二茂镁(CP₂Mg)分别作为N、P型掺杂剂。

4. 根据权利要求1所述的结构,其特征在于,所述Si衬底包括绝缘或高掺杂导电的Si。

5. 根据权利要求1所述的结构,其特征在于,制备LED时需要进行衬底剥离,且保留部分三明治结构缓冲层作为漫反射出光区。

6. 根据权利要求1-5中任一项权利要求所述的结构,其特征在于,最终制备的LED为垂直结构。

7. 根据权利要求6所述的结构,其特征在于,P型Ga_{1-x}N电极为垂直结构的最上表面。

一种Si基GaN的LED结构及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及LED (Light Emitting Diode, 发光二极管) 制造领域, 更具体的说是涉及一种Si (硅) 衬底氮化镓GaN基LED结构及其制作方法。

背景技术

[0002] 随着进入21世纪以来节能环保这一新兴概念也在LED (Light Emitting Diode, 发光二极管) 行业开始升温。而以GaN (氮化镓) 基LED为基础器件的白光LED技术也得到了迅猛发展。以GaN蓝光LED芯片作为激发源的白光LED单灯光源效率已达到130流明/瓦以上, 远远超过了普通节能灯的光效, LED技术已开始全面进入通用照明市场。随着GaN基LED应用范围的进一步扩大, 对LED器件发光效率的要求也越来越高, 各种新的外延方法、新的芯片制作工艺、新的器件结构不断推陈出新, 或者是提升现有结构的利用效率, 以此来达到不断提升GaN LED出光效率和出光特性的目的。

[0003] 目前, 在现有技术中, 一种主要的提高出光效率的方法是在LED最表面制备一层毛化的表面以减小GaN材料与空气界面的全反射。但是需要额外的工艺处理步骤。对于垂直结构的LED, 工艺步骤就更加繁琐。

发明内容

[0004] 有鉴于此, 本发明提供了一种Si (硅) 衬底GaN基LED结构及其制作方法, 利用Si衬底与GaN之间大的晶格失配和热失配在缓冲层中所形成的裂纹, 作为LED出光的漫反射区, 以达到提高氮化镓基发光二极管的发光效率的目的。

[0005] 为实现上述目的, 本发明提供如下技术方案, 一种硅衬底氮化镓基发光二极管LED结构, 其外延结构依次包括Si衬底1、第一高温AlN2、组分渐变AlGaN或AlN/GaN超晶格3、第二高温AlN4、GaN非掺杂层5、P型接触层6、高温P型GaN层7、P型电子阻挡层8、多量子阱层9、N型GaN层10; 所述第一高温AlN2、组分渐变AlGaN或AlN/GaN超晶格3、第二高温AlN4组成的三明治结构缓冲层。

[0006] 一种硅衬底氮化镓基发光二极管LED结构制备方法, 其外延结构生成顺序包括Si衬底1、第一高温AlN2、组分渐变AlGaN或AlN/GaN超晶格3、第二高温AlN4、GaN非掺杂层5、P型接触层6、高温P型GaN层7、P型电子阻挡层8、多量子阱层9、N型GaN层10; 所述第一高温AlN2、组分渐变AlGaN或AlN/GaN超晶格3、第二高温AlN4组成的三明治结构缓冲层。

[0007] 第一高温AlN2生长厚度为60-100nm, 生长温度为1050-1150℃, 生长压力50-200torr。

[0008] 三明治结构中的上下两层生长条件一致。三明治夹心层的渐变组分AlGaN的Al组分有1渐变至0, 或者AlN/GaN超晶格参数为2nm/2nm, 20-30个周期。夹心层总厚度在1μm以内。

[0009] 所述的GaN非掺杂层5厚度为1-1.2μm, 生长温度在1000-1200℃之间, 压力在100-600Torr之间, V/III比为100-3000。

[0010] 所述的P型接触层6厚度为5-20nm,生长温度在850-1050℃之间,生长时间为1-10min,压力在100-500Torr之间,V/Ⅲ比为1000-20000。

[0011] 所述的高温P型GaN层7生长温度在850-950℃之间,生长时间为5-30min,压力在100-500Torr之间,V/Ⅲ比为300-5000。

[0012] 所述的P型电子阻挡层8生长厚度为20-70nm的P型AlGaInN层,生长温度在700-1100℃之间,压力在100-600Torr之间,V/Ⅲ比为100-3000;

[0013] 所述的多量子阱层9包括3-15个依次交叠的量子阱结构,所述量子阱结构由 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) 势阱层和GaN势垒层依次生长而成,所述 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 势阱层的生长温度在720-820℃之间,压力在100-500Torr之间,V/Ⅲ比为300-5000,厚度在2-5nm之间。

[0014] 所述的N型GaN层10厚度为1.2-1.5 μm ,生长温度在1000-1200℃之间,压力在100-600Torr之间,V/Ⅲ比为100-3000;三明治缓冲层结构在最后需要应力弛豫形成裂纹。

[0015] 所述Si衬底1氮化镓基发光二极管LED及生长方法以高纯氢气(H_2)或氮气(N_2)作为载气,以三甲基镓(TMGa)、三乙基镓(TEGa)和氨气(NH_3)分别作为Ga和N源,用硅烷(SiH_4)和二茂镁(Cp_2Mg)分别作为N、P型掺杂剂。

[0016] 与已公开技术相比,本发明存在以下优点:本发明中三明治缓冲层结构以夹心层形成裂纹的形式来缓解结构材料与Si衬底之间的晶格失配和热失配,同时在衬底剥离之后,在P型GaN表面形成光线的漫反射区从而有效提高氮化镓基发光二极管的发光效率。PN-GaN结构倒置生长,有利于转移衬底倒装之后P型GaN电极的处理。

附图说明

[0017] 图1为本发明的LED外延结构示意图。

[0018] 图2为倒装结构示意图。

[0019] 图中:1、Si衬底,2、高温AlN,3、组分渐变AlGaIn或AlN/GaN超晶格,4、第二高温AlN,5、GaN非掺杂层,6、P型接触层,7、高温P型GaN层,8、P型电子阻挡层,9、多量子阱层,10、N型GaIn层,11、P电极。

具体实施方式

[0020] 如图1-2所示,一种硅衬底氮化镓基发光二极管LED结构,其外延结构依次包括Si衬底1、第一高温AlN2、组分渐变AlGaIn或AlN/GaN超晶格3、第二高温AlN4、GaN非掺杂层5、P型接触层6、高温P型GaIn层7、P型电子阻挡层8、多量子阱层9、N型GaIn层10;所述第一高温AlN2、组分渐变AlGaIn或AlN/GaN超晶格3、第二高温AlN4组成的三明治结构缓冲层;

[0021] 一种硅衬底氮化镓基发光二极管LED结构制备方法,其外延结构生成顺序包括Si衬底1、第一高温AlN2、组分渐变AlGaIn或AlN/GaN超晶格3、第二高温AlN4、GaN非掺杂层5、P型接触层6、高温P型GaIn层7、P型电子阻挡层8、多量子阱层9、N型GaIn层10;所述第一高温AlN2、组分渐变AlGaIn或AlN/GaN超晶格3、第二高温AlN4组成的三明治结构缓冲层。

[0022] 第一高温AlN2生长厚度为60-100nm,生长温度为1050-1150℃,生长压力50-200torr。

[0023] 三明治结构中的上下两层生长条件一致。三明治夹心层的渐变组分AlGaIn的Al组分有1渐变至0,或者AlN/GaN超晶格参数为2nm/2nm,20-30个周期。夹心层总厚度在1 μm 以

内。

[0024] 所述的GaN非掺杂层5厚度为1-1.2 μm ,生长温度在1000-1200 $^{\circ}\text{C}$ 之间,压力在100-600Torr之间,V/III比为100-3000。

[0025] 所述的P型接触层6厚度为5-20nm,生长温度在850-1050 $^{\circ}\text{C}$ 之间,生长时间为1-10min,压力在100-500Torr之间,V/III比为1000-20000。

[0026] 所述的高温P型GaN层7生长温度在850-950 $^{\circ}\text{C}$ 之间,生长时间为5-30min,压力在100-500Torr之间,V/III比为300-5000。

[0027] 所述的P型电子阻挡层8生长厚度为20-70nm的P型AlGaInN层,生长温度在700-1100 $^{\circ}\text{C}$ 之间,压力在100-600Torr之间,V/III比为100-3000;

[0028] 所述的多量子阱层9包括3-15个依次交叠的量子阱结构,所述量子阱结构由 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) 势阱层和GaN势垒层依次生长而成,所述 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 势阱层的生长温度在720-820 $^{\circ}\text{C}$ 之间,压力在100-500Torr之间,V/III比为300-5000,厚度在2-5nm之间。

[0029] 所述的N型GaN层10厚度为1.2-1.5 μm ,生长温度在1000-1200 $^{\circ}\text{C}$ 之间,压力在100-600Torr之间,V/III比为100-3000;三明治缓冲层结构在最后需要应力弛豫形成裂纹。

[0030] 所述Si衬底1氮化镓基发光二极管LED及生长方法以高纯氢气(H_2)或氮气(N_2)作为载气,以三甲基镓(TMGa)、三乙基镓(TEGa)和氨气(NH_3)分别作为Ga和N源,用硅烷(SiH_4)和二茂镁(Cp_2Mg)分别作为N、P型掺杂剂。

[0031] 倒置的生长结构在倒装结构中有利于P电极11的处理。

[0032] 以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征及本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和进步都落入要求保护的本发明范围内。本发明的要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

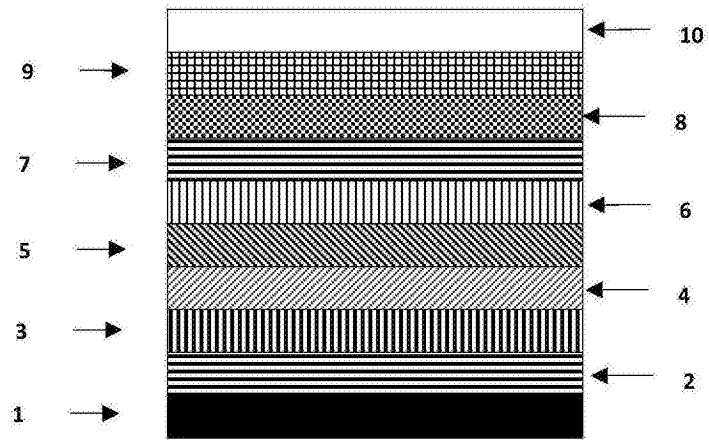


图1

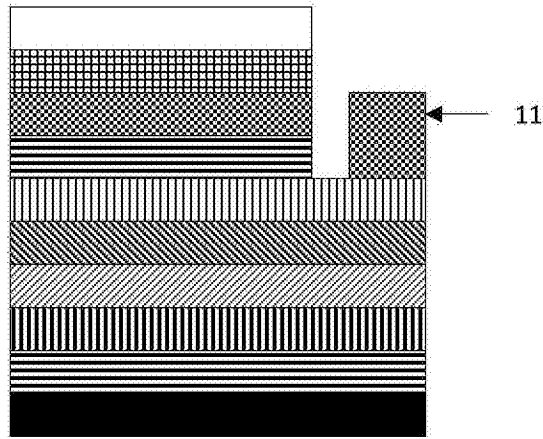


图2