



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105355738 B

(45)授权公告日 2018.06.26

(21)申请号 201510891232.5

CN 101702418 A, 2010.05.05, 见说明书第

(22)申请日 2015.11.30

[0002]-[0023]段、附图1-2.

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 105226149 A, 2016.01.06, 全文.

申请公布号 CN 105355738 A

CN 103531680 A, 2014.01.22, 全文.

(43)申请公布日 2016.02.24

CN 102969419 A, 2013.03.13, 全文.

(73)专利权人 天津三安光电有限公司

CN 104733576 A, 2015.06.24, 全文.

地址 300384 天津市西青区华苑产业区海
泰南道20号

US 2012/0205616 A1, 2012.08.16, 全文.

审查员 廖艳闰

(72)发明人 舒立明 王良均 刘晓峰 张东炎

叶大千 王笃祥

(51) Int. Cl.

H01L 33/06(2010.01)

(56)对比文件

CN 104409586 A, 2015.03.11, 说明书第

[0003]-[0127]段、附图1-3.

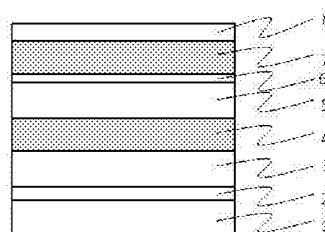
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种发光二极管外延片结构及制备方法

(57)摘要

本发明提供一种发光二极管外延片结构及制备方法,由下至上包括:衬底、缓冲层、非掺氮化镓层、N型区、多量子阱有源区、电子阻挡层、P型区以及P型接触层;其特征在于:分别采用NGaN/N-UGaN和PGaN/P-UGaN的超晶格结构形成N型区和P型区,在N型区的NGaN与N-UGaN之间插入SiN层,在P型区的PGaN与P-UGaN之间插入MgN层。本发明藉由一定厚度的SiN和MgN插入层发挥修复位错的作用,在同位错级别条件下具备掺入更高浓度的Si和Mg的能力,且SiN和MgN构成的较薄掩膜层对电子和空穴具备一定的束缚能力,可提高二维电子气的存在集中度,增强抗静电能力。



1. 一种发光二极管,其对应的外延结构包括:

衬底,依次形成于衬底上的缓冲层、非掺氮化镓层、N型区、多量子阱有源区、电子阻挡层、P型区以及P型接触层;其特征在于:分别采用NGaN/UGaN和PGaN/UGaN的超晶格结构形成N型区和P型区,在N型区的NGaN与UGaN之间插入SiN层形成NGaN/SiN/UGaN结构,在P型区的PGaN与UGaN之间插入MgN层形成PGaN/MgN/UGaN结构。

2. 根据权利要求1所述的一种发光二极管,其特征在于:所述SiN层厚度为0.0001~10nm,

所述MgN层厚度为0.0001~10nm。

3. 根据权利要求1所述的一种发光二极管,其特征在于:所述外延结构中NGaN层、UGaN层、PGaN层、UGaN层分别用 $\text{NAl}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $\text{UAl}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 层、 $\text{PAl}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 层、 $\text{UAl}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 层替换,其中 $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种发光二极管,其特征在于:所述外延结构中N型区内的NGaN/SiN/UGaN结构循环数至少是1个,所述外延结构中P型区内的PGaN/MgN/UGaN结构循环数至少是1个。

5. 根据权利要求1所述的一种发光二极管,其特征在于:在所述外延结构中N型区中不同的NGaN/SiN/UGaN结构循环内的SiN层厚度保持一致,或依次线性递增或递减、或呈锯齿、矩形、高斯或阶梯状分布;P型区中不同的PGaN/MgN/UGaN结构循环内的MgN层厚度保持一致、或依次线性递增或递减、或呈锯齿、矩形、高斯或阶梯状分布。

6. 根据权利要求1所述的一种发光二极管,其特征在于:所述外延结构中N型区不同NGaN/SiN/UGaN结构循环内的NGaN层、UGaN层厚度保持一致或依次线性递增或递减、或呈锯齿、矩形、高斯或阶梯状分布;所述外延结构中P型区内不同PGaN/MgN/UGaN结构循环内的PGaN层、UGaN层厚度保持一致,或依次线性递增或递减、或呈锯齿、矩形、高斯或阶梯状分布。

7. 一种发光二极管外延结构的制备方法,包括:

1) 提供一衬底;

2) 在衬底上依次生长缓冲层、非掺氮化镓层、N型区、多量子阱有源区、电子阻挡层、P型区以及P型接触层;其特征在于:分别采用NGaN/UGaN、PGaN/UGaN的超晶格结构生长N型区和P型区,在N型区的NGaN与UGaN之间插入SiN层,在P型区的PGaN与UGaN之间插入MgN层。

8. 根据权利要求7所述的一种发光二极管外延结构的制备方法,其特征在于:所述SiN层通过通入氨气和硅烷生长获得,所述MgN层通过通入氨气和Mg源生长获得。

一种发光二极管外延片结构及制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件领域,尤其涉及一种发光二极管的外延结构及制备方法。

背景技术

[0002] 发光二极管(英文为Light Emitting Diode,缩写为LED)是一种半导体固体发光器件,其利用半导体PN结作为发光结构,目前氮化镓(GaN)被视为第三代半导体材料,具备InGaN/GaN有源区的氮化镓基发光二极管被视为当今最有潜力的发光源。

[0003] 在传统的氮化镓基二极管外延片结构中,N型区和P型区往往采用均掺结构或掺杂层与非掺层构成超晶格结构,均掺结构电流扩展能力较弱,抗静电能力和反向漏电性能较差;超晶格结构优于均掺结构,但在实际外延制备过程中,由于高温下的扩散影响,掺杂源会向非掺杂层扩散,造成二维电子气集中度无法达到设计要求。

发明内容

[0004] 本发明提供一种发光二极管外延片结构及制备方法,包括以下技术方案:

[0005] 1) 提供一衬底;

[0006] 2) 在衬底上依次生长缓冲层、非掺氮化镓层、N型区、多量子阱有源区、电子阻挡层、P型区以及P型接触层;

[0007] 3) 其特征在于:分别采用NGaN/UGaN和PGaN/UGaN的超晶格结构形成N型区和P型区,在N型区的NGaN与UGaN之间插入SiN层,在P型区的PGaN与UGaN之间插入MgN层。

[0008] 进一步地,外延结构中N型区NGaN与UGaN之间插入SiN层,SiN层厚度为0.0001~10nm;外延结构中P型区的PGaN与UGaN之间插入MgN层,MgN层厚度为0.0001~10nm。

[0009] 进一步地,外延结构中任一NGaN层、N型区UGaN层、PGaN层、P型区UGaN层分别用 $\text{NAI}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 、N型区 $\text{UA I}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 层、 $\text{PA I}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 层、P型区 $\text{UA I}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 层替换($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$)。

[0010] 进一步地,外延结构中N型区和P型区中的超晶格loop(循环)数至少是1个。

[0011] 进一步地,在所述外延结构中N型区内的UGaN层和P型区内的UGaN层分别插入SiN层与MgN层。

[0012] 进一步地,外延结构中N型区内的SiN层、P型区内的MgN层厚度保持一致,或依次线性递增或递减、或呈锯齿、矩形、高斯或阶梯状分布。

[0013] 进一步地,外延结构中N型区和P型区中的NGaN层、UGaN层、PGaN层、UGaN层单层厚度小于 $5\mu\text{m}$ 。

[0014] 进一步地,外延结构中N型区和P型区中不同loop内的NGaN层、UGaN层、PGaN层、UGaN层厚度保持一致或依次线性递增或递减、或呈锯齿、矩形、高斯或阶梯状分布。

[0015] 进一步地,所述外延结构中N型区内的Si掺浓度、P型区内的Mg掺浓度保持一致,或依次线性递增或递减、或呈锯齿、矩形、高斯或阶梯状分布。

[0016] 本发明提供发光二极管外延片结构及制备方法,其优点包括:藉由超晶格结构N型

区的NGaN与UGaN之间插入SiN层、超晶格结构P型区的PGaN与UGaN之间插入MgN层,一定厚度的SiN和MgN插入层发挥修复位错的作用。在同位错级别条件下具备掺入更高浓度的Si和Mg的能力,且SiN和MgN构成的较薄掩膜层对电子和空穴具备一定的束缚能力,可提高二维电子气的存在集中度,增强抗静电能力。

[0017] 该生长模式利用MOCVD等常规外延薄膜生长设备即可完成,且仅通过更改外延层结构即可达到发明目的,具有较强的可操作性和较高的商业价值。

附图说明

[0018] 图1为本发明中一种氮化物发光二极管外延片结构示意图。

[0019] 图中标示:1为衬底,2为缓冲层,3为非掺氮化镓层,4为N型区,5为多量子阱有源区,6为电子阻挡层,7为P型区,8为P型接触层。

[0020] 图2为图1中氮化物发光二极管外延片N型区结构示意图。

[0021] 图中标示: $A_1\sim A_n$ 为掺Si的NGaN层, $B_1\sim B_n$ 为非掺的UGaN层, $C_1\sim C_n$ 为SiN层,n为loop(循环)。

[0022] 图3为图1中氮化物发光二极管外延片P型区结构示意图。

[0023] 图中标示: $D_1\sim D_n$ 为掺Mg的PGaN层, $E_1\sim E_n$ 为非掺的UGaN层, $F_1\sim F_n$ 为MgN层,n为loop(循环)。

具体实施方式

[0024] 为使本发明更易于理解其实质性特点及其所具有的实用性,下面便结合附图对本发明若干具体实施例作进一步的详细说明,但需要说明的是以下关于实施例的描述及说明对本发明保护范围不构成任何限制。

实施例

[0025] 图1为本发明中一种氮化物发光二极管外延片结构示意图,本实施例中制备工艺由下至上依次包括:(1)蓝宝石衬底1;(2)低温缓冲层2,可以为氮化镓或氮化铝或或铝镓氮或前述组合,膜厚在10~100nm之间;(3)非掺氮化镓层3,膜厚在300~7000nm之间,优选3500nm;(4)N型区4,采用超晶格结构,其中掺杂层为NGaN层,掺杂源为硅烷,掺杂浓度在 $1\times 10^{18}\sim 1\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ 之间,优选 $2\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$;非掺杂层为UGaN层,即非掺杂氮化镓层,其中NGaN层和UGaN层厚度均在 $5\mu\text{m}$ 以内,优选0.2 μm ,在NGaN和UGaN生长层之间,保持生长温度恒定,仅通入氨气和硅烷生长SiN掩膜层,生长厚度0.0001~10nm之间,优选厚度0.05nm;以上为一个循环(loop),优选生长10个循环构成N型区,如图2所示;(5)多量子阱有源区5,以InGaIn作为阱层、以GaIn或AlGaIn或二者组合作为垒层构成,其中垒层厚度在50~150nm之间、阱层厚度在1~20nm之间;(6)电子阻挡层6,为铝镓氮层,膜厚在1~100nm之间;(7)P型区7,采用超晶格结构,其中掺杂层为PGaN层,掺杂源为Mg源,掺杂浓度在 $1\times 10^{18}\sim 1\times 10^{21}\text{cm}^{-3}$ 之间,优选 $3\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$;非掺杂层为UGaN层,即非掺氮化镓层,其中PGaN层和UGaN层厚度均在 $5\mu\text{m}$ 以内,优选0.02 μm ,在PGaN和UGaN生长层之间,保持生长温度恒定,仅通入氨气和Mg源生长MgN掩膜层,生长厚度在0.0001~10nm之间,优选0.02nm;以上为一个循环,优选生长10个循环构成P型区,如图3所示;(8)高掺P型接触层8,掺杂浓度大于 $1\times 10^{21}\text{cm}^{-3}$,厚度小于0.05nm。

[0026] 需要说明的是,上述外延结构中N型区和P型区中不同loop内的NGaN层、N-UGaN层、PGaN层、P-UGaN层厚度可以保持一致,也可以是依次线性递增或递减、或呈锯齿、矩形、高斯分布、阶梯状分布;N型区内的SiN层、P型区内的MgN层厚度可以保持一致,也可以是依次线性递增或递减、或呈锯齿、矩形、高斯或阶梯状分布;N型区内的Si掺杂浓度、P型区内的Mg掺杂浓度保持一致,也可以是依次线性递增或递减、或呈锯齿、矩形、高斯或阶梯状分布。

[0027] 作为本发明的一个具体实施例,本发明通过分别在N型区和P型区中的超晶格生长层之间插入SiN和MgN掩膜层,在掩膜层后续GaN材料生长过程中会存在填充、横向生长的过程,以降低超晶格中掺杂层的位错密度,提高晶体质量或同位错条件下获得更高的掺杂浓度;同时由于在仅通入氨气条件下,GaN材料表面呈现氮极性,SiN和MgN以原位掩膜方式存在且厚度较薄;掩膜层会对电子和空穴起到一定的阻挡作用;提高二维电子气的集中度,增强电流扩展能力。

[0028] 作为本实施例中第一个实施例变形,在所述N型区、P型区超晶格结构生长过程中,N型区的UGaN层与P型区的UGaN层可采用非掺 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ 代替,NGaN层和PGaN层可采用掺杂的 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ 代替,Al组分和In组分可升高或降低势垒高度,进一步提高二维电子气浓度。

[0029] 作为本实施例中第二个实施例变形,将SiN和MgN分别插入N型区内的UGaN层和P型区内的UGaN层中,以进一步降低靠近SiN和MgN掩膜层的掺杂浓度,降低Si与Mg的扩散,进一步提升二维电子气集中度。

[0030] 以上所述仅为本发明的优选实施方式,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改、润饰和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进均视为在本发明的保护范围之内。

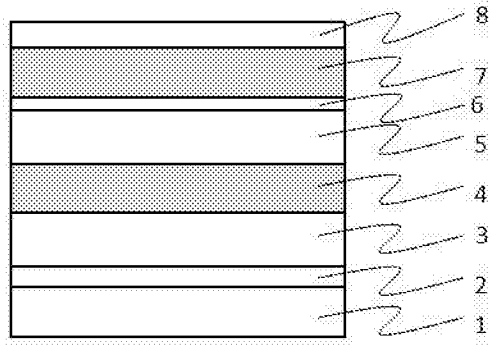


图1

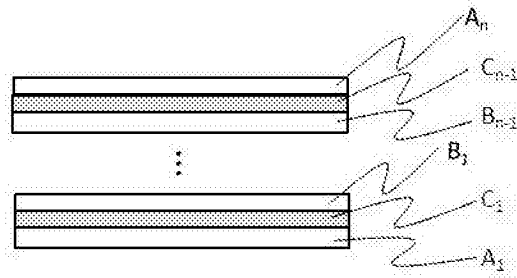


图2

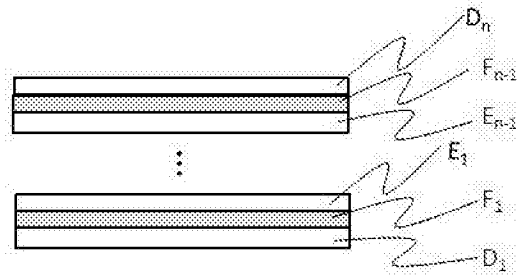


图3