



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108231960 A

(43)申请公布日 2018.06.29

(21)申请号 201810010913.X

(22)申请日 2018.01.05

(71)申请人 广东省半导体产业技术研究院

地址 510000 广东省广州市天河区长兴路
363号

(72)发明人 贺龙飞 陈志涛 赵维 张康
吴华龙 何晨光

(74)专利代理机构 北京超凡志成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11371

代理人 符莹莹

(51)Int.Cl.

H01L 33/00(2010.01)

H01L 33/06(2010.01)

H01L 33/32(2010.01)

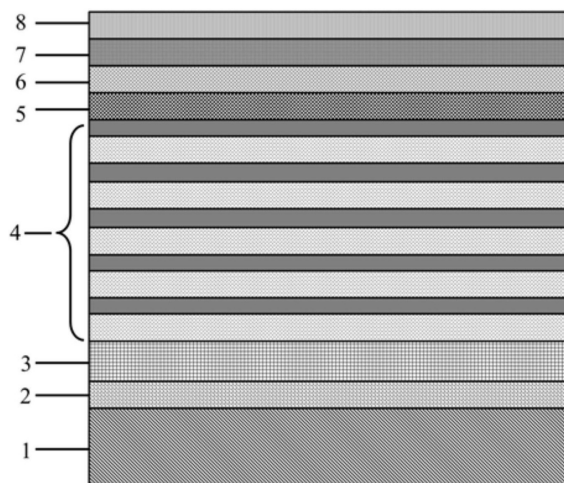
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件及其制备方法

(57)摘要

本发明提供了一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件及其制备方法,涉及半导体技术领域。此器件的外延结构包括衬底、AlN缓冲层、n型AlGaIn层、Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N发光有源区、最后一个AlGaIn量子垒层、p型AlGaIn电子阻挡层、p型AlGaIn层和接触层,其中 $0.01 \leq x < y \leq 1$,发光有源区包括多个量子阱层与多个量子垒层,多个量子阱层与多个量子垒层交替设置,最后一个AlGaIn量子垒层为铝组分渐变层。在紫外器件中引入铝组分渐变的最后一个AlGaIn量子垒层,优化器件的能带结构,能有效地增加电子限制效果、增强空穴注入效率,从而提高半导体紫外器件的量子效率和发光效率。



1. 一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,其特征在于:

所述提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件的外延结构包括依次设置的衬底、AlN缓冲层、n型AlGaIn层、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 发光有源区、最后一个AlGaIn量子垒层、p型AlGaIn电子阻挡层、p型AlGaIn层和接触层,其中 $0.01 \leq x < y \leq 1$,所述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 发光有源区包括多个量子阱层与多个AlGaIn量子垒层,多个所述量子阱层与多个所述AlGaIn量子垒层交替设置,使得第一个所述AlGaIn量子垒层靠近所述n型AlGaIn层设置,最后一个所述量子阱层靠近所述最后一个AlGaIn量子垒层设置,且最后一个AlGaIn量子垒层为铝组分渐变层。

2. 根据权利要求1所述的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,其特征在于:

所述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 发光有源区包含N个量子阱层与N个AlGaIn量子垒层,其中 $2 \leq N \leq 20$;

其中,N个所述量子阱层与N个AlGaIn量子垒层中铝组分恒定不变,N个所述量子阱层与N个所述AlGaIn量子垒层交替设置;

所述最后一个量子垒层中铝组分在生长方向上呈线性渐变、非线性渐变的或阶梯变化。

3. 根据权利要求2所述的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,其特征在于:

所述最后一个AlGaIn量子垒层中铝组分在接触最后一个量子阱时最高,且沿着生长方向上铝组分越来越低,直到接触p型AlGaIn电子阻挡层时降到最低。

4. 根据权利要求3所述的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,其特征在于:

所述最后一个AlGaIn量子垒层为两组铝组分递减的AlGaIn薄层多次交替叠加而成,两组之间的铝组分是不同的;且在靠近所述p型AlGaIn电子阻挡层的方向上,每组AlGaIn薄层中铝组分均逐渐降低。

5. 根据权利要求2所述的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,其特征在于:

所述最后一个AlGaIn量子垒层中铝组分分别在接触最后一个量子阱和所述p型AlGaIn电子阻挡层时最高,由两端向此层中间铝组分递减,在最后一个AlGaIn量子垒层中形成一个铝组分坑。

6. 根据权利要求5所述的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,其特征在于:

所述最后一个AlGaIn量子垒层为两组铝组分先递减再递增的AlGaIn薄层多次交替叠加而成,两组之间的铝组分是不同的;且越靠近所述最后一个量子阱和所述p型AlGaIn电子阻挡层,AlGaIn薄层中铝组分越高,并向中间铝组分递减,在中间某处最低。

7. 根据权利要求2至6中任一项所述的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,其特征在于:

所述最后一个AlGaIn量子垒层中最高的铝组分数值小于或者等于所述p型AlGaIn电子阻挡层中的铝组分数值,其最低铝组分数值大于所述量子阱层中铝组分数值。

8. 根据权利要求7所述的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,其特征在于:

所述最后一个AlGaIn量子垒层中掺杂有Mg。

9. 一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件的制备方法,其特征在于,包括:

将衬底、AlN缓冲层、n型AlGaIn层、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 发光有源区、最后一个AlGaIn量子垒层、p型AlGaIn电子阻挡层、p型AlGaIn层和接触层依次设置;

其中 $0.01 \leq x < y \leq 1$,所述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 发光有源区包括多个量子阱层与多个

AlGaIn量子垒层,多个所述量子阱层与多个所述AlGaIn量子垒层交替设置,使得第一个所述AlGaIn量子垒层靠近所述n型AlGaIn层设置,最后一个所述量子阱层靠近所述最后一个AlGaIn量子垒层设置,且最后一个AlGaIn量子垒层为铝组分渐变层。

10.根据权利要求9所述的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件的制备方法,其特征在于,所述最后一个AlGaIn量子垒层通过以下方法制备得到:

在MOCVD反应腔室中,将温度调节至900~1200℃,通过调节Al源和Ga源流量随生长时间逐渐变化,生长5~100纳米厚的铝组分渐变的量子垒层。

一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体技术领域,且特别涉及一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件及其制备方法。

背景技术

[0002] 近年来经历了异常迅猛的发展。据报道白光LED的理论最高效率更是高达400lm/W,远远超过传统照明灯具(白炽灯,荧光灯等)。尽管GaIn基LED已经取得了很好的发展,但相比其理论最高效率,还有很大的发展空间。限制GaIn基LED发光效率的一个关键因素是大电流条件下电子空穴注入不匹配导致的电子电流泄漏,部分电子不能在发光有源区内充分复合发光,而是从有源区泄漏到p型区。

[0003] 随着第三代半导体技术的发展,AlGaIn基紫外LED已经成为新的研究热点。因为AlGaIn基紫外LED具有环保、无汞、杀菌,高调制频率等优点,在紫外固化、空气与水净化、生物医疗,高密度储存,安全与保密通讯等领域具有重要应用价值。目前,AlGaIn基紫外LED的发光效率要远远低于GaIn基蓝光LED,而且波长越短则发光效率越低。限制效率的一个关键因素同样是空穴注入不足及电子泄漏,而且更为严重。因为Mg在GaIn中的激活能在200meV左右,已经非常之大,在高Al组分p-AlGaIn中受主杂质激活能更高(AlN中达到630meV之巨),能够热激活的空穴浓度更低,引起空穴注入的严重不足导致大量电子从有源区泄漏到p型区损耗掉;Si在GaIn中的激活能仅为15meV,在AlN中也高达282meV,(John Simon et al, SCIENCE vol 327, Jan.2011)。无论是N型掺杂还是P型掺杂,杂质在宽禁带AlGaIn中的掺杂效率是非常低的。其次,对于极性面生长的AlGaIn基紫外LED,极化效应会进一步加重电子电流泄漏。这些泄漏的电子不能有效发光,其能量只能以发热的形式耗散掉。为减少电子电流泄漏,研究者在器件结构中最后一个量子垒(LQB)后引入了电子阻挡层(EBL),利用LQB/EBL界面的导带阶阻挡电子泄漏。一般蓝光LED通常采用GaIn作为LQB,AlGaIn作为EBL;紫外LED通常采用Al组分恒定的AlGaIn作为LQB,较高Al组分AlGaIn作为EBL。然而,如此获得的结构又会使价带上移,对空穴形成势垒,使得空穴注入更为不足从而不利于辐射复合,同时空穴注入的不足又会诱发更大的电子泄漏。

[0004] 因此,如何有效地提高紫外光半导体发光二极管的载流子注入效率,直接影响到其内量子效率和发光效率的提升。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,在AlGaIn基半导体紫外器件中引入铝组分渐变的最后一个AlGaIn量子垒层,优化器件的能带结构,能有效地增加电子限制效果、增强空穴注入效率,从而提高AlGaIn基半导体紫外器件的量子效率和发光效率。

[0006] 本发明的另一目的在于提供一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件的制备方法,此制备方法可制备得到上述的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,此在AlGaIn基半导

体紫外器件中引入铝组分渐变的最后一个AlGaIn量子垒层,优化器件的能带结构,能有效地增加电子限制效果、增强空穴注入效率,从而提高AlGaIn基半导体紫外器件的量子效率和发光效率。

[0007] 本发明的实施例解决其技术问题是采用以下技术方案来实现的。

[0008] 本发明的实施例提出一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,此提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件的外延结构包括依次设置的衬底、AlN缓冲层、n型AlGaIn层、 $Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N$ 发光有源区、最后一个AlGaIn量子垒层、p型AlGaIn电子阻挡层、p型AlGaIn层和接触层,其中 $0.01 \leq x < y \leq 1$, $Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N$ 发光有源区包括多个量子阱层与多个AlGaIn量子垒层,多个量子阱层与多个AlGaIn量子垒层交替设置,使得第一个AlGaIn量子垒层靠近n型AlGaIn层设置,最后一个量子阱层靠近最后一个AlGaIn量子垒层设置,且最后一个AlGaIn量子垒层为铝组分渐变层。

[0009] 优选的, $Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N$ 发光有源区包含:

[0010] N个量子阱层与N个AlGaIn量子垒层,其中 $2 \leq N \leq 20$;

[0011] 其中,N个量子阱层与N个AlGaIn量子垒层中铝组分恒定不变,且N个量子阱层与N个AlGaIn量子垒层交替设置;

[0012] 最后一个量子垒层中铝组分在生长方向上呈线性渐变、非线性渐变的或阶梯变化。

[0013] 可选地,最后一个AlGaIn量子垒层中铝组分在接触最后一个量子阱时最高,且沿着生长方向上铝组分越来越低,直到接触p型AlGaIn电子阻挡层时降到最低。

[0014] 其中,最后一个AlGaIn量子垒层为两组铝组分递减的AlGaIn薄层多次交替叠加而成,两组之间的铝组分是不同的;且在靠近p型AlGaIn电子阻挡层的方向上,每组AlGaIn薄层中铝组分均逐渐降低。

[0015] 可选地,最后一个AlGaIn量子垒层中铝组分分别在接触最后一个量子阱和p型AlGaIn电子阻挡层时最高,由两端向此层中间铝组分递减,在最后一个AlGaIn量子垒层中形成一个铝组分坑。

[0016] 其中,最后一个AlGaIn量子垒层为两组铝组分先递减再递增的AlGaIn薄层多次交替叠加而成,两组之间的铝组分是不同的;且越靠近最后一个量子阱和p型AlGaIn电子阻挡层,AlGaIn薄层中铝组分越高,并向中间铝组分递减,在中间某处最低。

[0017] 作为优选的方案,最后一个AlGaIn量子垒层中最高的铝组分数值小于或者等于p型AlGaIn电子阻挡层中的铝组分数值,其最低铝组分数值大于量子阱层中铝组分数值。

[0018] 进一步优选的,最后一个AlGaIn量子垒层中掺杂有Mg。

[0019] 本发明的实施例还提供了

[0020] 一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件的制备方法,包括:

[0021] 将衬底、AlN缓冲层、n型AlGaIn层、 $Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N$ 发光有源区、最后一个AlGaIn量子垒层、p型AlGaIn电子阻挡层、p型AlGaIn层和接触层依次设置;

[0022] 其中 $0.01 \leq x < y \leq 1$, $Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N$ 发光有源区包括多个量子阱层与多个AlGaIn量子垒层,多个量子阱层与多个AlGaIn量子垒层交替设置,使得第一个AlGaIn量子垒层靠近n型AlGaIn层设置,最后一个量子阱层靠近最后一个AlGaIn量子垒层设置,且最后一个AlGaIn量子垒层为铝组分渐变层。

[0023] 其中,最后一个AlGaIn量子垒层通过以下方法制备得到:

[0024] 在MOCVD反应腔室中,将温度调节至900~1200℃,通过调节Al源和Ga源流量随生长时间逐渐变化,生长5~100纳米厚的铝组分渐变的量子垒层。

[0025] 本发明实施例的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件及其制备方法至少具备以下优点或有益效果:

[0026] 传统的AlGaIn基半导体紫外器件结构为:衬底、缓冲层、n型层、发光有源区、最后一个量子垒层、p型电子阻挡层,p型层和接触层。其中最后一个量子垒层与前面量子阱中的垒层相同,且铝组分是恒定的。

[0027] 本发明结构中,最后一个AlGaIn量子垒层采用了渐变Al组分结构,沿着生长方向上,越靠近p型AlGaIn电子阻挡层时,最后一个AlGaIn量子垒层中铝的含量越来越低,直到最低铝组分,最低铝组份数值大于量子阱中铝组分数值。采用本发明结构的AlGaIn基半导体紫外具有以下优势:

[0028] a).可以消除LQB/EBL界面的极化电荷,从而消除LQB/EBL界面的电子集聚,该界面集聚的电子无益于发光;

[0029] b).Al组分递减的LQB层中会自发形成负的体极化电荷,这些体极化电荷会导致LQB/EBL界面附近导带升高,能够增强电子阻挡效果,减少电子泄漏;

[0030] c).Al组分递减的LQB层中会自发形成负的体极化电荷能够诱导出很高的空穴浓度;

[0031] d).Al组分递减的LQB层中会导致EBL/p-AlGaIn界面附近导带拉平,降低EBL中价带处的空穴势垒,可改善空穴输运。总之,电子阻挡效果的提高以及空穴注入的改善能有效降低电子泄漏从而提高器件发光效率,大大提高其输出光功率。

[0032] 综上所述,本发明的优点在于:优化AlGaIn基半导体紫外器件的能带结构,在最后一个AlGaIn量子垒层中采用渐变的铝组分来提升LQB/EBL区的电子势垒高度,并降低LQB/EBL区的空穴势垒高度,从而能有效地增加电子限制效果、增强空穴注入效率,提高发光器件的发光效率,尤其对高注入下AlGaIn基半导体紫外发光器件更为有效。

附图说明

[0033] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,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获得其他相关的附图。

[0034] 图1为本发明实施例提供的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件的结构示意图;

[0035] 图2为传统结构和采用本发明的AlGaIn基紫外LED的能带对比图;

[0036] 图3为传统结构和采用本发明的AlGaIn基紫外LED的电致发光光谱对比图;

[0037] 图4为本发明的实施例提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计之一;

[0038] 图5为本发明的实施例提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计之二;

[0039] 图6为本发明的实施例提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计之三;

[0040] 图7为本发明的实施例提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计之四;

[0041] 图8为本发明的实施例提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计之五;

[0042] 图9为本发明的实施例提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计之六。

[0043] 图标:1-衬底;2-AlN缓冲层;3-n型AlGa_N层;4-Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N发光有源区;401-量子阱层;5-最后一个AlGa_N量子垒层;501-第一薄层组;502-第二薄层组;6-p型AlGa_N电子阻挡层;7-p型AlGa_N层;8-接触层。

具体实施方式

[0044] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。实施例中未注明具体条件者,按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0045] 下面对本发明实施例的提高光效的AlGa_N基半导体紫外器件及其制备方法进行具体说明。

[0046] 实施例1

[0047] 图1为本发明的实施例提供的提高光效的AlGa_N基半导体紫外器件的结构示意图。图2为传统结构和采用本发明的AlGa_N基紫外LED的能带对比图;图3为传统结构和采用本发明的AlGa_N基紫外LED的电致发光光谱对比图。请参阅图1至图3,本实施例提供了一种提高光效的AlGa_N基半导体紫外器件,此提高光效的AlGa_N基半导体紫外器件的外延结构包括依次设置的衬底1、AlN缓冲层2、n型AlGa_N层3、Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N发光有源区4、最后一个AlGa_N量子垒层5、p型AlGa_N电子阻挡层6、p型AlGa_N层7和接触层8,其中 $0.01 \leq x < y \leq 1$, Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N发光有源区4包括多个量子阱层与多个量子垒层,多个量子阱层401与多个量子垒层交替设置,且最后一个AlGa_N量子垒层5为铝组分渐变层。

[0048] 其中,请再次参阅图1,衬底1是蓝宝石衬底;也可以是Ga_N、6H-SiC、4H-SiC、Si、AlN衬底或者溅射了AlN的蓝宝石衬底。

[0049] 其中,请再次参阅图1,AlN缓冲层2,其制作在衬底1上;AlN缓冲层2是由依次生长的低温AlN成核层和高温AlN模板层组成,生长压力均在50~200mbar之间。其低温AlN成核层生长温度在800~1000℃之间,最优温度在950℃附近,厚度在15~200nm之间,最好控制在20nm;其后生长的AlN模板层生长温度在1150~1300℃,最优温度在1250℃,厚度为500~5000nm,最优厚度为2000nm。

[0050] 其中,请再次参阅图1,n型AlGa_N层3,其制作在AlN缓冲层2上;其中n型AlGa_N层3中铝组分的在0.4~0.6之间,最好控制在0.55左右;掺杂的施主杂质是硅,硅掺杂浓度在 $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 之间;生长温度范围在1100~1200℃,最优温度为1150℃;生长压力在50~200mbar之间,最优的压力为150mbar。n型AlGa_N层3的厚度范围在500~5000nm,最优的厚度为2000nm。

[0051] 其中,请再次参阅图1至图3,Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N发光有源区4,其制作在n型AlGa_N层3上;所述的Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N发光有源区4为五个周期结构,每一周期包括量子垒层和量子阱层,该发光有源区的最后一层是量子阱层401;量子垒层和量子阱层401都采用AlGa_N材料,量子垒层中铝组分高于量子阱层中铝组分,量子垒层中铝组分范围为0.4~0.6,优选0.5,量子阱层中铝组分范围为0.3~0.4,优选0.37。量子阱层厚度1.5~10nm,优选1.5~3nm,量子垒层厚度4~20nm,优选8~12nm。量子阱层不掺杂;量子垒层可以掺杂也可以不掺

杂,优选是掺杂一定量的Si受主,Si掺杂浓度为 $1\text{E}17\sim 1\text{E}20/\text{cm}^3$ 。 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 发光有源区4的生长温度都控制在 $1000\sim 1200^\circ\text{C}$ 之间,最优值为 1100°C ,生长压力在 $50\sim 200\text{mbar}$ 之间,最优的压力为 150mbar 。

[0052] 图4为本实施例提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计之一,请再次参阅图1至图4,最后一个 AlGaIn 量子垒层5,其制作在 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 发光有源区4上;最后一个 AlGaIn 量子垒层5中铝组分沿着生长方向上线性递减,在接触最后一个量子阱401时最大,在接触电子阻挡层6时最小,优选最大铝组分值等于电子阻挡层6中的铝组分,优选最小铝组分值等于前5个量子垒中的铝组分。通过调节Al源和Ga源流量来实现所述的最后一个铝镓氮量子垒层设计之一。参阅图4,具体是将生长温度调节至 $1000^\circ\text{C}\sim 1200^\circ\text{C}$ 之间,最优值为 1100°C ,生长压力在 $50\sim 200\text{mbar}$ 之间,最优的腔内压力为 150mbar 。通入Al源和Ga源,使Ga源的气流流量恒定而Al源的气流流量随生长时间逐渐变小,也可以是Al源的气流流量恒定而Ga源的气流流量随生长时间逐渐变大,还可以是Al源和Ga源的气流流量比值随生长时间逐渐变小,生长出 $5\sim 100\text{nm}$ 厚的Al组分渐变最后一个量子垒层。该层不故意掺杂或掺杂少量的Mg受主,Mg掺杂浓度小于 $1\text{E}18/\text{cm}^3$ 。

[0053] 图5为本实施例提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计之二。请参阅图5,需要说明的是,在本发明的其他实施例中,提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计还可如图5所示,本发明不再赘述。

[0054] 其中,请再次参阅图1,p型 AlGaIn 电子阻挡层6,其制作在最后一个 AlGaIn 量子垒层5上;所述p型 AlGaIn 电子阻挡层6,掺杂杂质为Mg,掺杂浓度为 $1\text{E}18\sim 5\text{E}20/\text{cm}^3$,其厚度是 $10\sim 200\text{nm}$,优选 $50\sim 80\text{nm}$;生长温度在 $850\sim 1000^\circ\text{C}$ 之间, 960°C 为最优的生长温度,生长压力在 $50\sim 200\text{mbar}$ 之间,最优的压力为 150mbar 。

[0055] 其中,请再次参阅图1,接触层8,其制作在p型 AlGaIn 电子阻挡层6上;p型接触层7可以是p-GaN,也可以是低铝组分的p- AlGaIn ,掺杂Mg为主,Mg掺杂浓度以能够提供尽量多空穴同时不会导致材料质量显著劣化为限,Mg掺杂浓度为 $1\text{E}18\sim 1\text{E}20/\text{cm}^3$,该层厚度 $10\sim 200\text{nm}$,该层优选厚度是 $50\sim 100\text{nm}$ 。

[0056] 图2为传统结构和采用本发明的 AlGaIn 基紫外LED的能带对比图,请参阅图2,采用本发明结构的 AlGaIn 基半导体紫外器件具有以下显著优势:

[0057] a).可以消除LQB/EBL界面的极化电荷,从而消除LQB/EBL界面的电子集聚,该界面集聚的电子无益于发光;

[0058] b).Al组分递减的LQB层中会自发形成负的体极化电荷,这些体极化电荷会导致LQB/EBL界面附近导带升高,能够增强电子阻挡效果,减少电子泄漏;

[0059] c).Al组分递减的LQB层中会自发形成负的体极化电荷能够诱导出很高的空穴浓度;

[0060] d).Al组分递减的LQB层中会导致EBL/p- AlGaIn 界面附近导带拉平,降低EBL中价带处的空穴势垒,可改善空穴输运。总之,电子阻挡效果的提高以及空穴注入的改善能有效降低电子泄漏从而提高器件发光效率。

[0061] 图3为传统结构和采用本发明的 AlGaIn 基紫外LED的电致发光光谱对比图,请参阅图3,本发明结构可以大大提高其输出光功率。

[0062] 综上所述,本发明的优点在于:优化 AlGaIn 基半导体紫外器件的能带结构,在最后

一个AlGaIn量子垒层中采用渐变的铝组分来提升LQB/EBL区的电子势垒高度,并降低LQB/EBL区的空穴势垒高度,从而能有效地增加电子限制效果、增强空穴注入效率,提高发光器件的发光效率,尤其对高注入下AlGaIn基半导体紫外发光器件更为有效。

[0063] 实施例2

[0064] 图6为本实施例提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计之三。请参阅图6,本实施例提供了一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,此提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件与实施例1提供的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件区别在于,此紫外器件的外延结构所设置的最后一个AlGaIn量子垒层5,在 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 发光有源区4之上;具体的变化如下:最后一个AlGaIn量子垒层5中铝组分是沿着生长方向先逐渐下降再逐渐上升的,此薄层中铝组分分别在接触最后一个量子阱和p型AlGaIn电子阻挡层时最高,由两端向此层中间铝组分递减,在最后一个AlGaIn量子垒层区形成一个铝组分坑。通过调节Al源和Ga源流量来实现最后一个AlGaIn量子垒层设计之三。

[0065] 图7为本发明的实施例提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计之四,参阅图7,需要说明的是,在本发明的其他实施例中,提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计还可如图7所示,本发明不再赘述。

[0066] 实施例3

[0067] 图8为本实施例提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计之五。请参阅图8,本实施例提供了一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,此提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件与实施例1提供的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件区别在于,此紫外器件的外延结构所设置的最后一个AlGaIn量子垒层5在 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 发光有源区4之上;具体的变化如下:最后一个AlGaIn量子垒层结构为两组铝组分递减的薄层铝镓氮层多次交替叠加组成,两组之间的铝组分是不同的;越靠近P区,薄层AlGaIn层铝的含量越低,直到最低铝组分,最低铝组分数值大于量子阱中铝组分数值。通过调节Al源和Ga源流量来实现最后一个AlGaIn量子垒层设计之五。

[0068] 实施例4

[0069] 图9为本实施例提供的最后一个铝镓氮量子垒层结构设计之六。请参阅图9,本实施例提供了一种提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件,此提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件与实施例1提供的提高光效的AlGaIn基半导体紫外器件区别在于,此紫外器件的外延结构所设置的最后一个AlGaIn量子垒层5在 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 发光有源区4之上;具体的变化如下:最后一个AlGaIn量子垒层结构为两组铝组分先递减(第一薄层组501和第二薄层组502)再递增的薄层铝镓氮层多次交替叠加组成,两组之间的铝组分是不同的;越靠近最后一个量子阱区和越靠近p型AlGaIn电子阻挡层区,薄层AlGaIn中铝的含量越高,而中间某处铝组分最低。通过调节Al源和Ga源流量来实现最后一个AlGaIn量子垒层设计之六。

[0070] 综上所述,采用本发明结构的AlGaIn基半导体紫外器件具有以下显著优势:

[0071] a). 可以消除LQB/EBL界面的极化电荷,从而消除LQB/EBL界面的电子集聚,该界面集聚的电子无益于发光;

[0072] b). Al组分递减的LQB层中会自发形成负的体极化电荷,这些体极化电荷会导致LQB/EBL界面附近导带升高,能够增强电子阻挡效果,减少电子泄漏;

[0073] c). Al组分递减的LQB层中会自发形成负的体极化电荷能够诱导出很高的空穴浓

度；

[0074] d) .Al组分递减的LQB层中会导致EBL/p-AlGa_N界面附近导带拉平,降低EBL中价带处的空穴势垒,可改善空穴输运。总之,电子阻挡效果的提高以及空穴注入的改善能有效降低电子泄漏从而提高器件发光效率。

[0075] 以上所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。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。

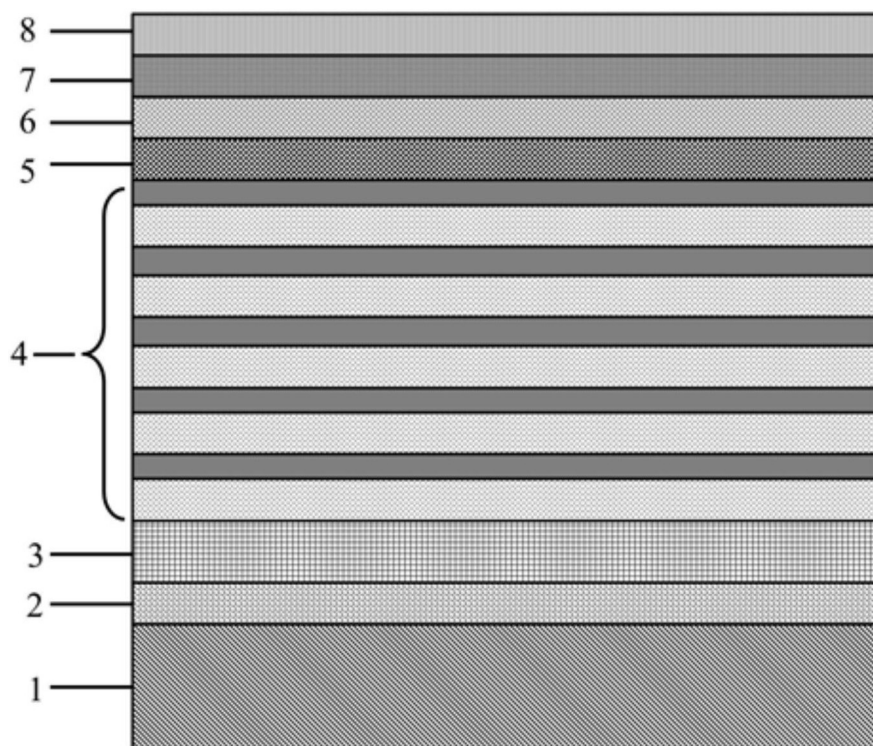


图1

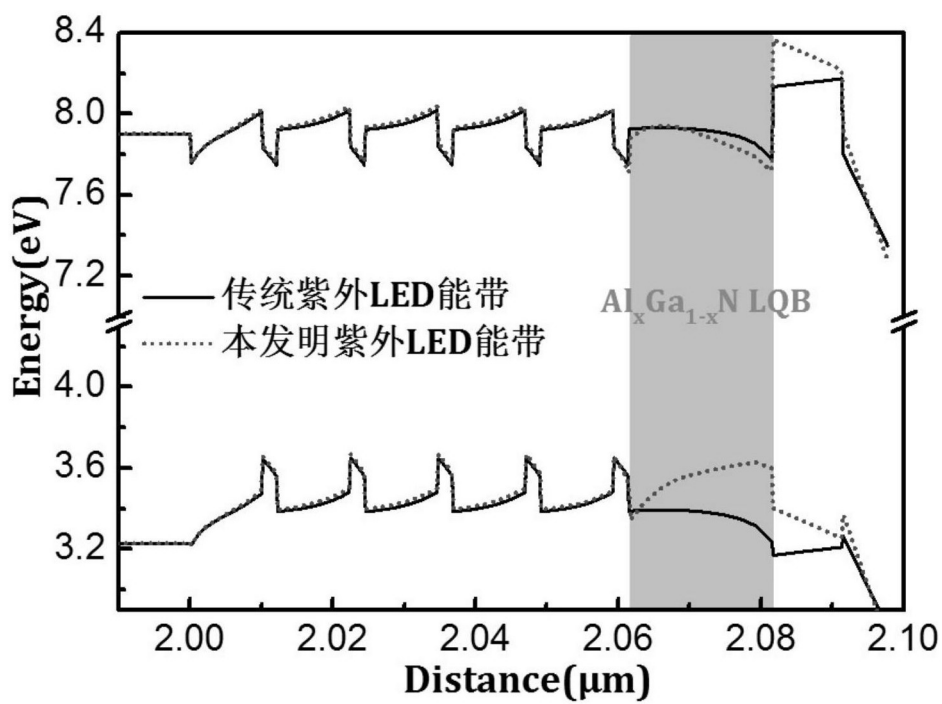


图2

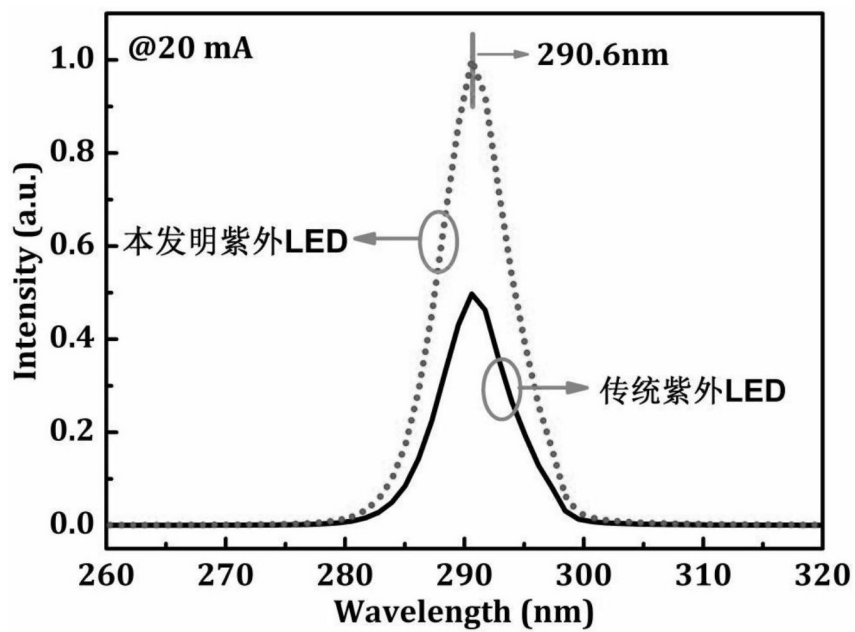


图3

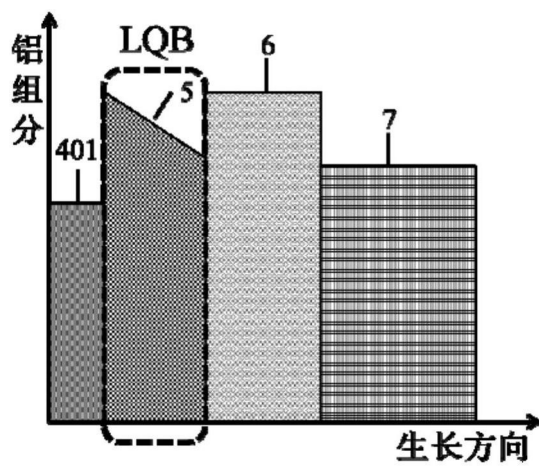


图4

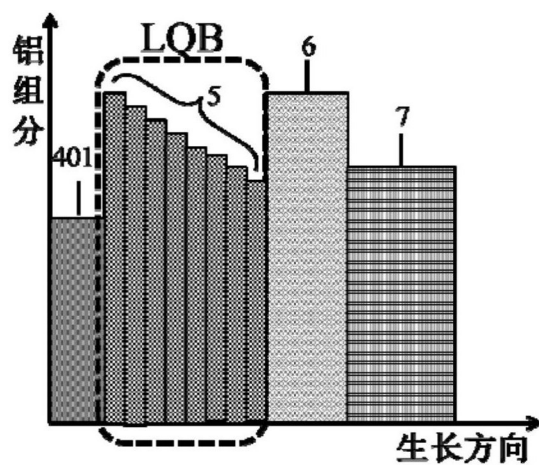


图5

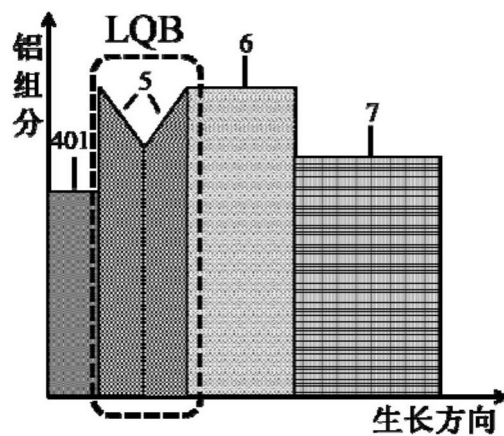


图6

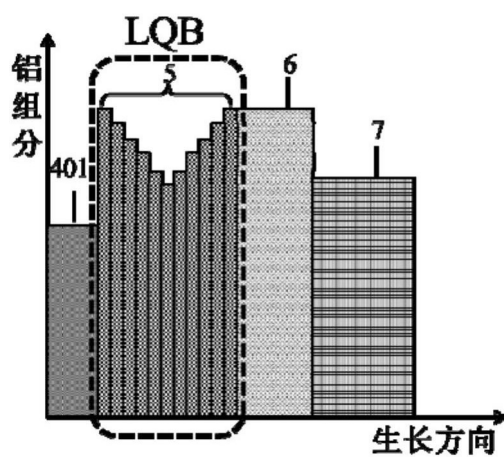


图7

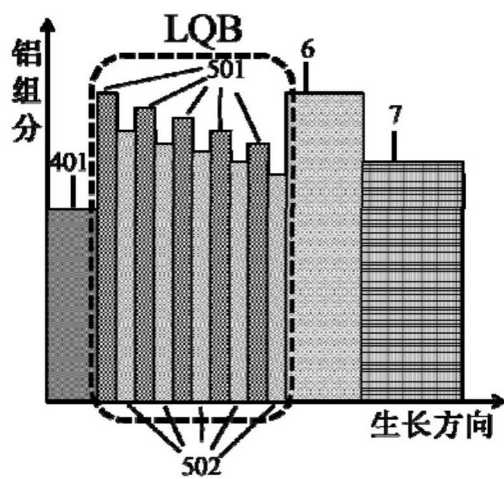


图8

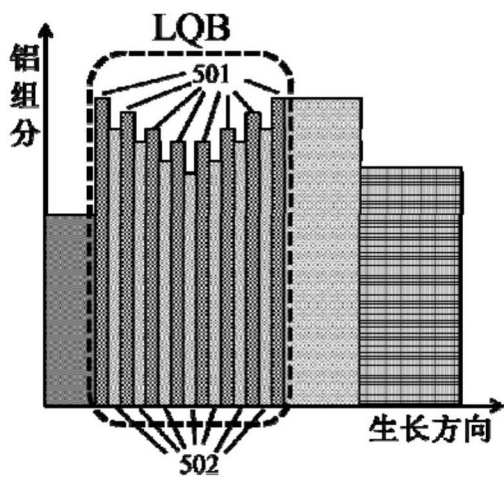


图9