

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2019年1月24日 (24.01.2019)



(10) 国际公布号  
**WO 2019/015217 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
*H01L 33/06* (2010.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/114551
- (22) 国际申请日: 2017年12月5日 (05.12.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201710600453.1 2017年7月21日 (21.07.2017) CN
- (71) 申请人: 广东工业大学 (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市越秀区东风东路729号大院, Guangdong 510006 (CN)。
- (72) 发明人: 何苗 (HE, Miao); 中国广东省广州市番禺区广州大学城外环西路100号广东工业大学物理与光电工程学院, Guangdong 510006 (CN)。黄波 (HUANG, Bo); 中国广东省广州市番禺区广州大学城外环西路100号广东工业大学物理与光电工程学院, Guangdong 510006 (CN)。王成

民 (WANG, Chengmin); 中国广东省广州市番禺区广州大学城外环西路100号广东工业大学物理与光电工程学院, Guangdong 510006 (CN)。王润 (WANG, Run); 中国广东省广州市番禺区广州大学城外环西路100号广东工业大学物理与光电工程学院, Guangdong 510006 (CN)。

(74) 代理人: 北京集佳知识产权代理有限公司 (UNITALEN ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市朝阳区建国门外大街22号赛特广场7层, Beijing 100004 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: DEEP UV LED

(54) 发明名称: 一种深紫外LED

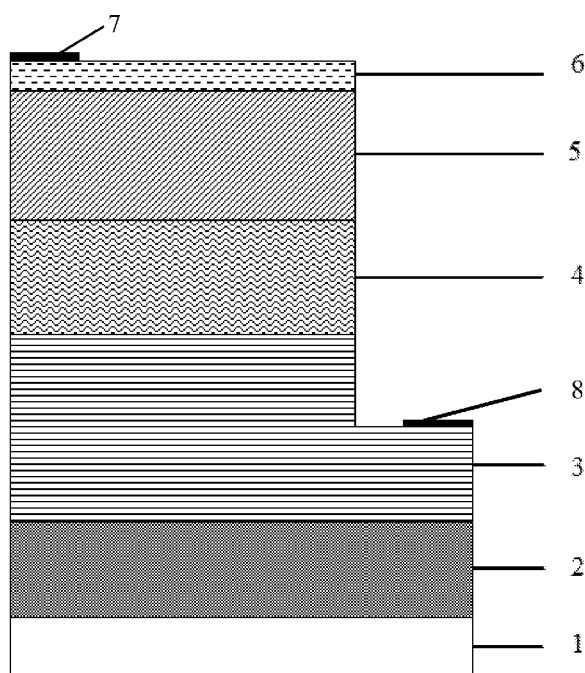
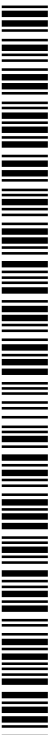


图 1

(57) Abstract: Provided in the invention is a deep UV LED, which comprises: a substrate (1); an undoped buffer layer (2) located on the surface of the substrate; an N type AlGaIn layer (3) on the surface of the undoped buffer layer away from the substrate; a multiple quantum well structure (4) located on the surface of the N-type AlGaIn layer away from the substrate; and a P type AlGaIn structure (5) on the surface of the multi-quantum well structure away from the substrate, where in a V type Al component of the P type AlGaIn structure is gradually changed. The P type AlGaIn structure with the gradually changed V type Al component is subjected to polarization doping. The Al component in the P type AlGaIn structure with the gradually changed V type Al component is different from the Al component in the multi-quantum well structure. and a P type GaN layer (6) located on the surface of the P type AlGaIn structure with the gradually changed V type Al component far away from the substrate. Since the P type AlGaIn structure with the gradually changed V type Al component can obtain electron holes in higher concentration, the internal quantum efficiency and the emission power of the UV LED are improved.



WO 2019/015217 A1

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

---

(57) 摘要: 一种深紫外LED, 包括: 衬底(1); 位于衬底表面的未掺杂的缓冲层(2); 位于未掺杂的缓冲层背离衬底表面的N型AlGaIn层(3); 位于N型AlGaIn层背离衬底表面的多量子阱结构(4); 位于多量子阱结构背离衬底表面的V型Al组分渐变的P型AlGaIn结构(5), V型Al组分渐变的P型AlGaIn结构采用极化掺杂, 且其中V型Al组分渐变的P型AlGaIn结构中的Al组分与多量子阱结构的Al组分不同; 位于V型Al组分渐变的P型AlGaIn结构背离衬底表面的P型GaIn层(6)。由于V型Al组分渐变的P型AlGaIn结构能够获得更高浓度的空穴, 从而提高紫外LED的内量子效率和发射功率。

## 一种深紫外LED

### 技术领域

本申请要求于 2017 年 7 月 21 日提交中国专利局、申请号为  
5 201710600453.1、发明名称为“一种深紫外 LED”的国内申请的优先权，  
其全部内容通过引用结合在本申请中。

### 背景技术

基于 AlGa<sub>N</sub>（氮化铝镓）材料的紫外 LED 是目前氮化物技术发展和第  
三代材料技术发展的主要趋势，拥有广阔的应用前景。紫外 LED 应用范围  
10 很广，如空气和水的净化、消毒、紫外医疗、高密度光学存储系统、全彩  
显示器以及固态白光照明等等。半导体紫外光源作为半导体照明后的又一  
重大产业，已经引起半导体光电行业的广泛关注。

但与蓝光 LED 不同，目前紫外 LED 正处于技术发展期，还存在一些难  
以突破的问题，如 AlGa<sub>N</sub> 基紫外 LED 的内量子效率和发射功率相对较低。

15 因此，如何提高 AlGa<sub>N</sub> 基紫外 LED 的内量子效率和发射功率成为亟待  
解决的问题。

### 发明内容

有鉴于此，本发明提供一种深紫外 LED，以解决现有技术中深紫外 LED  
20 的内量子效率和发射功率较低的问题。

为实现上述目的，本发明提供如下技术方案：

一种深紫外 LED，包括：

衬底；

位于所述衬底表面的未掺杂的缓冲层；

25 位于所述未掺杂的缓冲层背离所述衬底表面的 N 型 AlGa<sub>N</sub> 层；

位于所述 N 型 AlGa<sub>N</sub> 层背离所述衬底表面的多量子阱结构；

位于所述多量子阱结构背离所述衬底表面的 V 型 Al 组分渐变的 P 型

AlGa<sub>x</sub>N 结构, 所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构采用极化掺杂, 且其中所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构中的 Al 组分与所述多量子阱结构的 Al 组分不同;

位于所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构背离所述衬底表面的 P 型 GaN 层。

优选地, 所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构包括至少一层 Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>N 层和至少一层 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 层, 所述 Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>N 层和所述 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 层交替叠加, 其中, 所述 Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>N 层生长在所述多量子阱结构的表面。

10 优选地, 所述 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 层中的 x 取值范围为:  $0.3 \leq x \leq 0.4$ 。

优选地, 所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构中每层结构的厚度为 12.22nm, 共 110nm。

优选地, 所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构的掺杂浓度为  $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ , 生长温度为 990°C。

15 优选地, 所述衬底为 C 面的蓝宝石衬底。

优选地, 所述未掺杂的缓冲层为未掺杂的 Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N 缓冲层, 厚度为 1.5μm, 生长温度为 530°C, 且所述未掺杂的 Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N 缓冲层在 1050°C 恒温 6 分钟重结晶。

20 优选地, 所述 N 型 AlGa<sub>x</sub>N 层为 Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N 层, 厚度为 3.0μm, 掺杂浓度为  $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ , 生长温度为 1050°C。

优选地, 所述多量子阱结构为 5 个周期的 Al<sub>0.36</sub>Ga<sub>0.64</sub>N 层和 Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N 层的叠加结构, 其中, 所述 Al<sub>0.36</sub>Ga<sub>0.64</sub>N 层生长在所述 N 型 AlGa<sub>x</sub>N 层的表

面。

优选地，所述多量子阱结构的生长温度为1020℃，其中，每层所述 $\text{Al}_{0.36}\text{Ga}_{0.64}\text{N}$ 层的厚度为10nm，每层所述 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ 层的厚度为3nm。

经由上述的技术方案可知，本发明提供的深紫外LED，在多量子阱结构与P型GaN层之间设置V型Al组分渐变的P型AlGaN结构。一方面，由于V型Al组分渐变P型AlGaN结构采用极化掺杂方式，能够获得更高浓度的空穴，从而提高空穴注入率，使得更多的空穴被注入到有源区的量子阱中，提高有源区电子与空穴辐射复合的概率，从而提高紫外LED的内量子效率和发射功率。

另一方面，本发明中V型Al组分渐变的P型AlGaN结构与多量子阱结构的最后一个垒层交界处，Al组分不同，有源区具有更高电子浓度，使得V形Al组分渐变的P型AlGaN结构也具备电子阻挡层的作用，能更有效地阻挡电子从有源区的泄露，从而可以替代电子阻挡层(EBL)，同时电子泄露减少，且空穴注入效率增加，电子与空穴的复合几率增大，进一步提高了紫外LED的内量子效率和发射功率。

再一方面，由于采用V型Al组分渐变的P型AlGaN结构，电子与空穴的浓度增加，复合概率增加。在外加电场之下，电子和空穴复合的效率增加，原本内部电子、空穴不复合的情况下形成的极化电场，由于复合且复合概率增加所以减弱。也即本发明提供的深紫外LED能够减弱有源区量子阱结构中的极化电场，减弱量子限制斯塔克效应，从而使得更多的电子和空穴波函数重叠，有源区辐射复合大大增加，紫外LED的内量子效率得到提高。

## 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，还可以根据提供的附图获得其他的附图。

图1为本发明实施例提供的一种深紫外LED的结构示意图；

图 2 为本发明实施例提供的一种深紫外 LED 中 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>0.5</sub>N 结构的示意图。

### 具体实施方式

5 正如背景技术部分所述，现有技术中 AlGa<sub>0.5</sub>N 基紫外 LED 的内量子效率和发射功率相对较低。

目前 AlGa<sub>0.5</sub>N 基深紫外 LED 光源发光效率低的原因主要有：高 Al 组分 AlGa<sub>0.5</sub>N 材料的载流子注入效率低，制约了紫外 LED 内量子效率的提高；高 Al 组分 AlGa<sub>0.5</sub>N 材料的结构性质决定其出光效率低。

10 基于此，本发明提供一种深紫外 LED，包括：

衬底；

位于所述衬底表面的未掺杂的缓冲层；

位于所述未掺杂的缓冲层背离所述衬底表面的 N 型 AlGa<sub>0.5</sub>N 层；

位于所述 N 型 AlGa<sub>0.5</sub>N 层背离所述衬底表面的多量子阱结构；

15 位于所述多量子阱结构背离所述衬底表面的 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>0.5</sub>N 结构，所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>0.5</sub>N 结构采用极化掺杂，且其中所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>0.5</sub>N 结构中的 Al 组分与所述多量子阱结构的 Al 组分不同；

20 位于所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>0.5</sub>N 结构背离所述衬底表面的 P 型 GaN 层。

本发明提供的深紫外 LED，在多量子阱结构与 P 型 GaN 层之间设置 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>0.5</sub>N 结构。由于 V 型 Al 组分渐变 P 型 AlGa<sub>0.5</sub>N 结构采用极化掺杂方式，能够获得更高浓度的空穴，从而提高空穴注入率，使得更多的空穴被注入到有源区的量子阱中，提高有源区电子与空穴辐射复合的概率，从而提高紫外 LED 的内量子效率和发射功率。另一方面，V 型 Al 组分

25

渐变的P型AlGa<sub>x</sub>N结构也具备电子阻挡层的作用，能更有效地阻挡电子从有源区的泄露，进一步提高了紫外LED的内量子效率和发射功率。再一方面，由于采用V型Al组分渐变的P型AlGa<sub>x</sub>N结构，能够减弱有源区量子阱结构中的极化电场，减弱量子限制斯塔克效应，从而使得更多的电子和空穴波函数重叠，有源区辐射复合大大增加，紫外LED的内量子效率得到提高。

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，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，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做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。

请参见图1，为本发明实施例提供的一种深紫外LED，包括：衬底1；位于衬底1表面的未掺杂的缓冲层2；位于未掺杂的缓冲层2背离衬底1表面的N型AlGa<sub>x</sub>N层3；位于N型AlGa<sub>x</sub>N层3背离衬底1表面的多量子阱结构4；位于多量子阱结构4背离衬底表面的V型Al组分渐变的P型AlGa<sub>x</sub>N结构5，V型Al组分渐变的P型AlGa<sub>x</sub>N结构5采用极化掺杂，且其中，V型Al组分渐变的P型AlGa<sub>x</sub>N结构5中的Al组分与多量子阱结构4的Al组分不同；位于V型Al组分渐变的P型AlGa<sub>x</sub>N结构5背离衬底1表面的P型Ga<sub>1-x</sub>N层6。

需要说明的是，本发明实施例中不限定V型Al组分渐变的P型AlGa<sub>x</sub>N结构的具体结构，可选的，如图2所示，V型Al组分渐变的P型AlGa<sub>x</sub>N结构5包括至少一层Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>N层a和至少一层Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N层b，Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>N层a和Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N层b交替叠加，其中，Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>N层a与多量子阱结构的表面接触。也即本发明实施例提供的深紫外LED在与多量子阱的最后一个垒层交界处的Al组分是从0.65开始渐变的。

本发明实施例中V型Al组分渐变的P型AlGa<sub>1-x</sub>N结构包括交替叠加的Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>N层a和Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N层b,也即V型Al组分渐变的P型AlGa<sub>1-x</sub>N结构的渐变变为Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>N-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N和Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N-Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>N,渐变程度为 $\frac{0.65-x}{0.65}$ ;随着x设计值的改变,可控制V型Al组分渐变的P型AlGa<sub>1-x</sub>N结构的渐变程度。

- 5 当增加Al组分渐变程度,即减小x的值时,载流子的注入率增加,具有V型Al组分渐变的P型AlGa<sub>1-x</sub>N结构的深紫外LED的内量子效率、输出功率和发光强度均有所提高。

本发明中不限定Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N层中x的取值范围,可选的,发明人经过模拟得到当x的取值范围为0.3≤x≤0.4时,且V型Al组分渐变的P型AlGa<sub>1-x</sub>N结构中  
10 每层结构的厚度为12.22nm,共110nm,深紫外LED的内量子效率和输出功率提高较为明显。

需要说明的是,在本发明中不限定多量子阱结构、P型Ga<sub>1-x</sub>N层、未掺杂的缓冲层等结构层的掺杂浓度和Al组分。为了在x的取值范围为0.3≤x≤0.4时,深紫外LED的内量子效率和输出功率提高较为明显,本  
15 实施例中限定未掺杂的缓冲层2为未掺杂的Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N缓冲层,厚度为1.5μm,生长温度为530℃,且所述未掺杂的Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N缓冲层在1050℃恒温6分钟重结晶。N型AlGa<sub>1-x</sub>N层3的组分为Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N,厚度为3.0μm,掺杂浓度为5×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>,生长温度为1050℃。多量子阱结构4为5个周期的Al<sub>0.36</sub>Ga<sub>0.64</sub>N层和Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N层的叠加结构,其中,所述Al<sub>0.36</sub>Ga<sub>0.64</sub>N层  
20 与N型AlGa<sub>1-x</sub>N层4接触。需要说明的是,在本发明的其他实施例中,多量子阱结构中Al<sub>0.36</sub>Ga<sub>0.64</sub>N层和Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N层的叠加结构的周期可以是5-12个周期,本实施例中对此不做限定。本实施例中,多量子阱结构的生长温度为1020℃,其中,每层Al<sub>0.36</sub>Ga<sub>0.64</sub>N层的厚度为10nm,每层Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N层的厚度为3nm。P型Ga<sub>1-x</sub>N层6的掺杂浓度为1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>,厚度约为10nm,  
25 生长温度为990℃,并在700℃下退火20分钟。



本实施例中不限定衬底的具体材质，可以根据实际需求进行选择，需要说明的是，由于蓝宝石具有较高的透光性，本实施例中可选的，所述衬底为蓝宝石。蓝宝石常被运用的切面有A面、C面、R面。蓝宝石的C面与III-V族和II-VI族沉积薄膜之间的晶格常数适配率小，同时符合GaN垒晶制程中耐5 5 高温的要求，因此，本实施例中可选的，所述衬底为C面的蓝宝石衬底。

本发明实施例提供的深紫外LED还可以包括第一电极7和第二电极8，其中第一电极位于P型GaN层6上，第二电极8位于N型AlGaIn层3上，本实施例中不限定第一电极7和第二电极8的材质。

本发明提供的深紫外LED，在多量子阱结构与P型GaIn层之间设置V型10 Al组分渐变的P型AlGaIn结构。由于V型Al组分渐变P型AlGaIn结构采用极化掺杂方式，能够获得更高浓度的空穴，从而提高空穴注入率，使得更多的空穴被注入到有源区的量子阱中，提高有源区电子与空穴辐射复合的概率，从而提高紫外LED的内量子效率和发射功率。另一方面，V型Al组分渐变的P型AlGaIn结构也具备电子阻挡层的作用，能更有效地阻挡电子从有15 源区的泄露，进一步提高了紫外LED的内量子效率和发射功率。再一方面，由于采用V型Al组分渐变的P型AlGaIn结构，能够减弱有源区量子阱结构中的极化电场，减弱量子限制斯塔克效应，从而使得更多的电子和空穴波函数重叠，有源区辐射复合大大增加，紫外LED的内量子效率得到提高。

20 对于上述提供的深紫外LED结构，本发明不限定深紫外LED的制作方法，可选的，可以采用MOCVD(Metal-organic Chemical Vapor DePosition, 金属有机化合物化学气相沉积)设备制作各层结构。具体地，本发明实施

例还提供一种制作所述深紫外 LED 的制作方法，包括：

首先，将蓝宝石衬底置入反应室。然后，在 1090℃ 通高纯氢气高温灼烧衬底。接着，在 530℃ 下通入 Ga 源、Al 源和氮源生长低温未掺杂的  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$  缓冲层，未掺杂的  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$  缓冲层的厚度约为 1.5 $\mu\text{m}$ 。然后，  
5 升温到 1050℃ 并恒温 6 分钟左右，使得缓冲层重结晶。

随后，在 1050℃ 下通入 Ga 源、Al 源、氨气和硅烷  $\text{SiH}_4$ ，生长 N 型  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$  层，其掺杂浓度为  $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，厚度为 3 $\mu\text{m}$ 。

接下来，降温到 1020℃ 并通入 Ga 源、Al 源、氨气生长 10nm 厚的  $\text{Al}_{0.36}\text{Ga}_{0.64}\text{N}$  量子垒。接着，在 1020℃ 生长 3nm 厚的  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$  量子阱。  
10 重复前两步步骤，共生长 5 个周期的  $\text{Al}_{0.36}\text{Ga}_{0.64}\text{N}/\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$  多量子阱结构。

紧接着，降温到 990℃，通入 Al 源，Ga 源，氨气和 Mg 源，生长 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构。其渐变程度为  $\text{Al}_{0.65}\text{Ga}_{0.35}\text{N}-\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  和  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}-\text{Al}_{0.65}\text{Ga}_{0.35}\text{N}$ 。其中，x 取值范围在  $0.3 \leq x \leq 0.4$ 。V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构中，每层厚度 12.22nm，共 110nm。V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构采用极化掺杂，其掺杂浓度  $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 。  
15

然后，在 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构之上，生长一层 P 型 GaN 层，厚度为 10nm。最后，在 700℃ 退火 20 分钟，得到高空穴浓度的 P 型层。

需要说明的是，本实施例中不限定 Ga 源、Al 源的具体形式，可选的，  
20 本实施例中所采用的 Ga 源为三甲基镓 TMGa，Al 源为三甲基铝 TMAI，氮源为氨气  $\text{NH}_3$ ，载气为  $\text{H}_2$ ，N 型和 P 型掺杂源分别为硅烷  $\text{SiH}_4$  和二茂镁  $\text{Cp}_2\text{Mg}$ 。

本发明实施例中的V型Al组分渐变的P型AlGaIn结构采用极化掺杂方式得到，能够获得更高浓度的空穴，从而提高空穴注入率，使得更多的空穴被注入到有源区的量子阱中，提高有源区电子与空穴辐射复合的概率，从而提高深紫外LED的内量子效率和发射功率。

5 本发明实施例中由于采用V型Al组分渐变的P型AlGaIn结构，与量子阱最后一个垒层交界处的Al组分是从0.65开始渐变，有源区具有更高电子浓度，使得V型Al组分渐变的P型AlGaIn结构也具备电子阻挡层的作用，能更有效地阻挡电子从有源区的泄露，从而可以去掉电子阻挡层，简化深紫外LED的外延结构。

10 本发明实施例中由于采用采用V型Al组分渐变的P型AlGaIn结构，能减弱有源区量子阱结构中的极化电场，减弱量子限制斯塔克效应，从而使得更多的电子和空穴波函数重叠，有源区辐射复合大大增加，紫外LED的内量子效率得到提高。

15 需要说明的是，本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可。

20 对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

## 权 利 要 求

1、一种深紫外 LED，其特征在于，包括：

衬底；

位于所述衬底表面的未掺杂的缓冲层；

5 位于所述未掺杂的缓冲层背离所述衬底表面的 N 型 AlGa<sub>x</sub>N 层；

位于所述 N 型 AlGa<sub>x</sub>N 层背离所述衬底表面的多量子阱结构；

位于所述多量子阱结构背离所述衬底表面的 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构，所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构采用极化掺杂，且其中所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构中的 Al 组分与所述多量子  
10 阱结构的 Al 组分不同；

位于所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构背离所述衬底表面的 P 型 GaN 层。

2、根据权利要求 1 所述的深紫外 LED，其特征在于，所述 V 型 Al 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构包括至少一层 Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>N 层和至少一层  
15 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 层，所述 Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>N 层和所述 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 层交替叠加，其中，所述 Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>N 层生长在所述多量子阱结构的表面。

3、根据权利要求 2 所述的深紫外 LED，其特征在于，所述 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 层中的 x 取值范围为： $0.3 \leq x \leq 0.4$ 。

4、根据权利要求 3 所述的深紫外 LED，其特征在于，所述 V 型 Al  
20 组分渐变的 P 型 AlGa<sub>x</sub>N 结构中每层结构的厚度为 12.22nm，共 110nm。

5、根据权利要求 4 所述的深紫外 LED，其特征在于，所述 V 型 Al

组分渐变的 P 型 AlGa<sub>0.5</sub>N 结构的掺杂浓度为  $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ , 生长温度为 990°C。

6、根据权利要求 1-5 任意一项所述的深紫外 LED, 其特征在于, 所述衬底为 C 面的蓝宝石衬底。

7、根据权利要求 1-5 任意一项所述的深紫外 LED, 其特征在于, 所述未掺杂的缓冲层为未掺杂的 Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N 缓冲层, 厚度为 1.5μm, 生长温度为 530°C, 且所述未掺杂的 Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N 缓冲层在 1050°C 恒温 6 分钟重结晶。

8、根据权利要求 1-5 任意一项所述的深紫外 LED, 其特征在于, 所述 N 型 AlGa<sub>0.5</sub>N 层为 Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N 层, 厚度为 3.0μm, 掺杂浓度为  $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ , 生长温度为 1050°C。

9、根据权利要求 1-5 任意一项所述的深紫外 LED, 其特征在于, 所述多量子阱结构为 5 个周期的 Al<sub>0.36</sub>Ga<sub>0.64</sub>N 层和 Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N 层的叠加结构, 其中, 所述 Al<sub>0.36</sub>Ga<sub>0.64</sub>N 层生长在所述 N 型 AlGa<sub>0.5</sub>N 层的表面。

10、根据权利要求 9 所述的深紫外 LED, 其特征在于, 所述多量子阱结构的生长温度为 1020°C, 其中, 每层所述 Al<sub>0.36</sub>Ga<sub>0.64</sub>N 层的厚度为 10nm, 每层所述 Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N 层的厚度为 3nm。

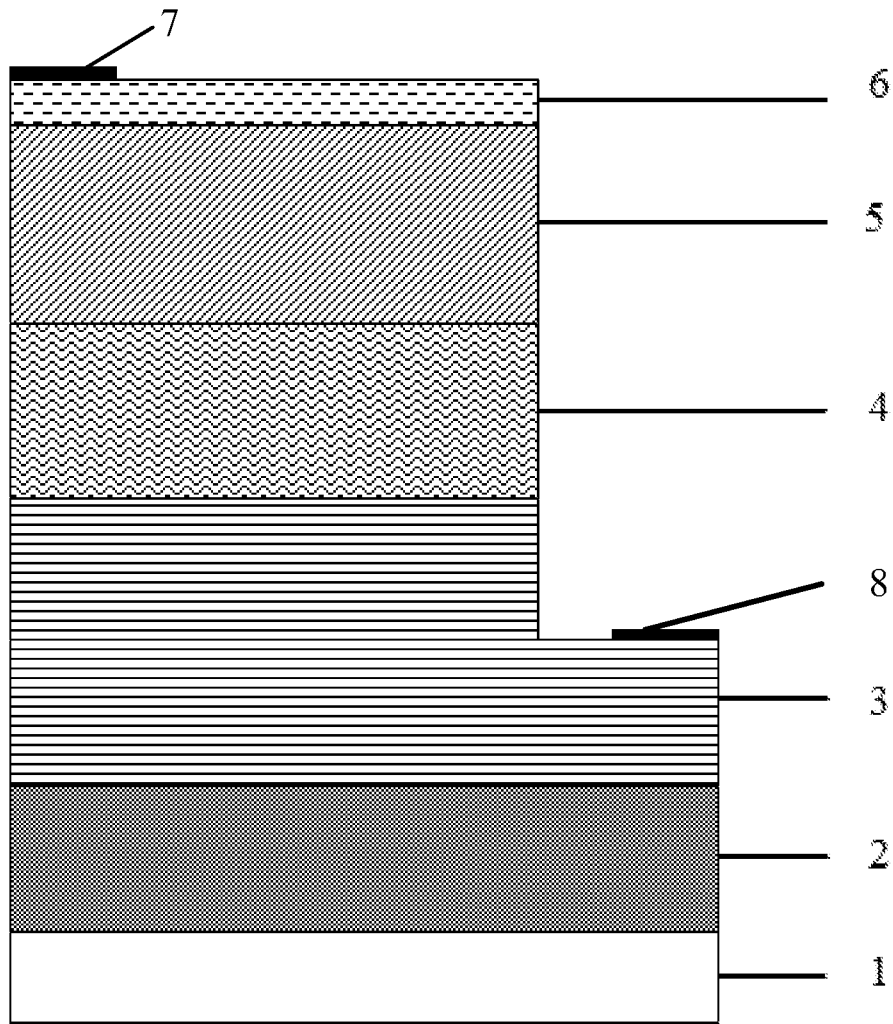


图 1

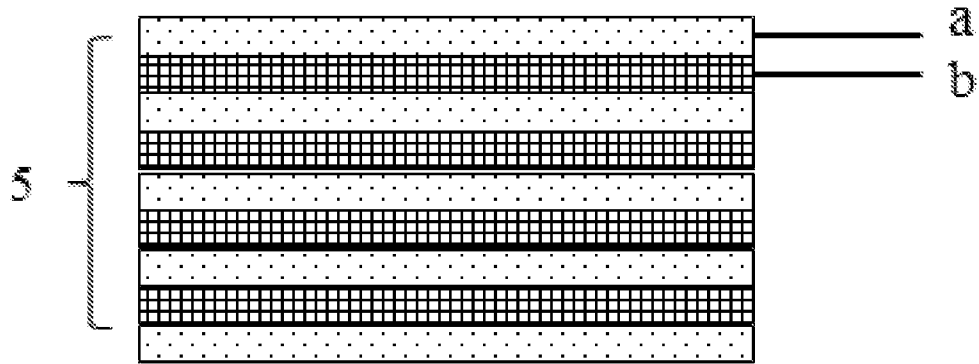


图 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2017/114551

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 33/06 (2010.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, CNABS, DWPI, SIPOABS, CNKI: 量子阱, 紫外, 发光二极管, 渐变, 交替, quantum, well, UV, AlGaIn, led, alternat+, graded

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106505133 A (TOYODA GOSEI CO., LTD.), 15 March 2017 (15.03.2017), description, paragraphs [0006]-[0013] and [0024]-[0082], and figures 1-2	1-10
PX	CN 107180899 A (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 19 September 2017 (19.09.2017), claims 1-10	1-10
A	CN 103811609 A (INSTITUTE OF SEMICONDUCTORS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 21 May 2014 (21.05.2014), entire document	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>
---	---

<p>Date of the actual completion of the international search</p> <p style="text-align: center;">19 April 2018</p>	<p>Date of mailing of the international search report</p> <p style="text-align: center;">27 April 2018</p>
<p>Name and mailing address of the ISA</p> <p>State Intellectual Property Office of the P. R. China</p> <p>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao</p> <p>Haidian District, Beijing 100088, China</p> <p>Facsimile No. (86-10) 62019451</p>	<p>Authorized officer</p> <p style="text-align: center;">ZHAO, Ying</p> <p>Telephone No. 62089521</p>



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2017/114551

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 106505133 A	15 March 2017	US 2017069793 A1 JP 2017050439 A	09 March 2017 09 March 2017
CN 107180899 A	19 September 2017	None	
CN 103811609 A	21 May 2014	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/114551

<p><b>A. 主题的分类</b> H01L 33/06(2010.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>														
<p><b>B. 检索领域</b> 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) H01L</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNTXT, CNABS, DWPI, SIPOABS, CNKI:量子阱, 紫外, 发光二极管, 渐变, 交替, quantum, well, UV, AlGaIn, led, alternat+, graded</p>														
<p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 106505133 A (丰田合成株式会社) 2017年 3月 15日 (2017 - 03 - 15) 说明书第[0006]-[0013], [0024]-[0082]段, 附图1-2</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 107180899 A (广东工业大学) 2017年 9月 19日 (2017 - 09 - 19) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103811609 A (中国科学院半导体研究所) 2014年 5月 21日 (2014 - 05 - 21) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 106505133 A (丰田合成株式会社) 2017年 3月 15日 (2017 - 03 - 15) 说明书第[0006]-[0013], [0024]-[0082]段, 附图1-2	1-10	PX	CN 107180899 A (广东工业大学) 2017年 9月 19日 (2017 - 09 - 19) 权利要求1-10	1-10	A	CN 103811609 A (中国科学院半导体研究所) 2014年 5月 21日 (2014 - 05 - 21) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求												
X	CN 106505133 A (丰田合成株式会社) 2017年 3月 15日 (2017 - 03 - 15) 说明书第[0006]-[0013], [0024]-[0082]段, 附图1-2	1-10												
PX	CN 107180899 A (广东工业大学) 2017年 9月 19日 (2017 - 09 - 19) 权利要求1-10	1-10												
A	CN 103811609 A (中国科学院半导体研究所) 2014年 5月 21日 (2014 - 05 - 21) 全文	1-10												
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>														
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&amp;” 同族专利的文件</p>														
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2018年 4月 19日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2018年 4月 27日</p>												
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>受权官员</p> <p>赵颖</p> <p>电话号码 62089521</p>												

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/114551

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	106505133	A	2017年 3月 15日	US	2017069793	A1	2017年 3月 9日
				JP	2017050439	A	2017年 3月 9日
CN	107180899	A	2017年 9月 19日	无			
CN	103811609	A	2014年 5月 21日	无			