

(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
2020 年 7 月 16 日 (16.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/143274 A1

(51) 国际专利分类号:
H01L 33/00 (2010.01) **H01L 33/10** (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/112933

(22) 国际申请日: 2019 年 10 月 24 日 (24.10.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910018312.8 2019 年 1 月 9 日 (09.01.2019) CN

(71) 申请人: 南京邮电大学(NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) [CN/CN];
中国江苏省南京市栖霞区文苑路 9 号,
Jiangsu 210046 (CN)。

(72) 发明人: 王永进(WANG, Yongjin); 中国江苏省南京市栖霞区文苑路 9 号, Jiangsu 210046 (CN)。
倪曙煜(NI, Shuyu); 中国江苏省南京市栖霞区文苑路 9 号, Jiangsu 210046 (CN)。 袁佳磊

(YUAN, Jialei); 中国江苏省南京市栖霞区文苑路 9 号, Jiangsu 210046 (CN)。

(74) 代理人: 上海盈盛知识产权代理事务所(普通合伙)(SHANGHAI WINSUN INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国上海市静安区梅园路 228 号企业广场 12 楼 1216 室, Shanghai 200070 (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, 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,

(54) Title: VERTICAL BLUE LIGHT-EMITTING DIODE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(54) 发明名称: 垂直结构蓝光发光二极管及其制备方法

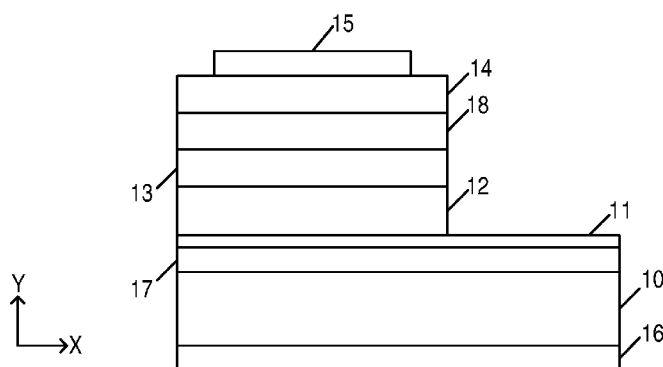


图 1

(57) Abstract: A vertical blue light-emitting diode comprises: an electrically-conductive substrate (10) having a first surface and a second surface arranged opposite to the first surface; a metal reflection layer (11) positioned at the first surface; a nitride epitaxial layer positioned at a surface of the metal reflection layer (11) and comprising the following layers sequentially stacked in a direction perpendicular to the electrically-conductive substrate (10): a p-type GaN layer (12), a quantum well layer (13), a preparation layer (18) and an n-type GaN layer (14), wherein the nitride epitaxial layer has a thickness less than a wavelength of blue light; an n-type electrode (15) positioned at a surface of the n-type GaN layer (14); and a p-type electrode (16) positioned at the second surface. The vertical blue light-emitting diode can reduce loss due to internal absorption, thereby exhibiting greatly improved light output efficiency.

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)。

根据细则4.17的声明：

- 关于申请人有权申请并被授予专利(细则4.17(ii))
- 关于申请人有权要求在先申请的优先权(细则4.17(iii))

本国际公布：

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：垂直结构蓝光发光二极管，包括：导电衬底（10），所述导电衬底（10）具有第一表面以及与所述第一表面相对的第二表面；金属反射层（11），位于所述第一表面；氮化物外延层，位于所述金属反射层（11）表面，包括沿垂直于所述导电衬底（10）的方向依次叠置的P型GaN层（12）、量子阱层（13）、准备层（18）和N型GaN层（14），所述氮化物外延层的厚度小于蓝光波长；N型电极（15），位于所述N型GaN层表面（14）；P型电极（16），位于所述第二表面。所述的垂直结构蓝光发光二极管，降低了内部吸收损耗，使得发光二极管的出光效率大幅度提高。

垂直结构蓝光发光二极管及其制备方法

技术领域

本发明涉及照明、显示和光通信领域，尤其涉及一种垂直结构蓝光发光二极管及其制备方法。

背景技术

发光二极管（Light Emitting Diode, LED）具有体积小、效率高、寿命长等优点，在照明、显示和光通信领域具有广泛的应用前景。传统的发光二极管以蓝宝石为生长衬底。然而，由于蓝宝石衬底不导电，所以传统的发光二极管通常是采用电极在同一侧的横向结构。这种横向结构至少存在以下两个方面的缺点：一方面，电流在 N 型层中横向流动不等距，存在电流拥堵现象，导致发光二极管器件局部发热量较高，影响器件性能；另一方面，蓝宝石衬底的导热性较差，限制了发光二极管器件的散热，影响发光二极管器件的使用寿命。为了克服横向发光二极管器件的缺陷，现有技术中出现了垂直结构发光二极管。

然而，在现有的垂直结构发光二极管中，由于厚膜的限制，存在许多光学约束模式（Confined Mode）。当电子注入、垂直结构发光二极管发光时，大部分出射光会被限制在发光二极管外延层的厚膜中，造成膜内传输、吸收，极大的降低了发光二极管的出光效率。

因此，如何避免发光二极管器件的厚度对出射光线的约束，以提高发光二极管的出光效率，是目前亟待解决的技术问题。

发明内容

本发明提供一种垂直结构蓝光发光二极管及其制备方法，用于解决现有的蓝光发光二极管出光效率较低的问题。

为了解决上述问题，本发明提供了一种垂直结构蓝光发光二极管，包括：导电衬底，所述导电衬底具有第一表面以及与所述第一表面相对的第二表面；

金属反射层，位于所述第一表面；

氮化物外延层，位于所述金属反射层表面，包括沿垂直于所述导电衬底的方向依次叠置的 P 型 GaN 层、量子阱层、准备层和 N 型 GaN 层，所述氮化物

外延层的厚度小于蓝光波长；

N 型电极，位于所述 N 型 GaN 层表面；

P 型电极，位于所述第二表面。

优选的，所述氮化物外延层的厚度在 350nm 以下。

优选的，还包括位于所述导电衬底与所述金属反射层之间的 NiSn 键合层。

优选的，所述垂直结构蓝光发光二极管呈台阶状结构；所述台阶状结构包括下台阶以及由所述氮化物外延层构成的上台阶；所述下台阶包括所述 P 型电极、所述导电衬底与所述金属反射层，且所述下台阶沿平行于所述导电衬底的方向突出于所述上台阶。

优选的，所述 P 型 GaN 层的厚度为 115nm~135nm，所述量子阱层的厚度为 40nm~60nm，所述准备层的厚度为 60nm~80nm。

为了解决上述问题，本发明还提供了一种垂直结构蓝光发光二极管的制备方法，包括如下步骤：

键合一生长衬底和一导电衬底，所述生长衬底表面具有氮化物外延层和金属反射层，所述氮化物外延层包括沿垂直于所述生长衬底的方向依次叠置的缓冲层、未掺杂的 GaN 层、N 型 GaN 层、准备层、量子阱层、P 型 GaN 层，所述金属反射层位于所述 P 型 GaN 层表面；所述导电衬底包括第一表面以及与所述第一表面相对的第二表面，所述第二表面具有 P 型电极；

剥离所述生长衬底；

刻蚀所述氮化物外延层，去除所述缓冲层和所述未掺杂的 GaN 层，并减薄所述 N 型 GaN 层，使得残留的所述氮化物外延层的厚度小于蓝光波长；

形成 N 型电极于残留的所述 N 型 GaN 层表面。

优选的，残留的所述氮化物外延层的厚度在 350nm 以下。

优选的，键合一生长衬底和一导电衬底的具体步骤包括：

于所述金属反射层表面形成第一 NiSn 键合层；

于所述导电衬底的第一表面形成第二 NiSn 键合层；

键合所述第一 NiSn 键合层与所述第二 NiSn 键合层。

优选的，刻蚀所述氮化物外延层的具体步骤包括：

刻蚀所述氮化物外延层至所述 N 型 GaN 层，去除所述缓冲层和所述未掺杂的 GaN 层，并减薄所述 N 型 GaN 层，使得残留的所述氮化物外延层的厚度小于蓝光波长；

于残留的所述氮化物外延层中定义器件区域；

刻蚀所述器件区域外围的残留的所述氮化物外延层至所述金属反射层，形成台阶状结构；所述台阶状结构包括下台阶以及由器件区域内的残留的所述氮化物外延层构成的上台阶；所述下台阶包括所述 P 型电极、所述导电衬底与所述金属反射层，且所述下台阶沿平行于所述导电衬底的方向突出于所述上台阶。

优选的，所述 P 型 GaN 层的厚度为 115nm~135nm，所述量子阱层的厚度为 40nm~60nm，所述准备层的厚度为 60nm~80nm。

本发明提供的垂直结构蓝光发光二极管及其制备方法，由于器件采用垂直结构，提高了电注入效率；同时将氮化物外延层的厚度设置为小于蓝光波长，使得所述垂直结构蓝光发光二极管不受约束模式的限制，减少甚至是消除了发光二极管出射光线在氮化物外延层内部的传输，降低了内部吸收损耗，使得发光二极管的出光效率大幅度提高；同时，金属反射层的设置进一步增强了发光二极管的出光效率。

附图说明

附图 1 是本发明具体实施方式中垂直结构蓝光发光二极管的结构示意图；

附图 2 是本发明具体实施方式中垂直结构蓝光发光二极管的制备流程图；

附图 3A-3G 是本发明具体实施方式中在制备垂直结构蓝光发光二极管的过程中主要的工艺截面示意图。

具体实施方式

下面结合附图对本发明提供的垂直结构蓝光发光二极管及其制备方法的具体实施方式做详细说明。

本具体实施方式提供了一种垂直结构蓝光发光二极管，附图 1 是本发明具体实施方式中垂直结构蓝光发光二极管的结构示意图。如图 1 所示，本具体实

施方式提供的垂直结构蓝光发光二极管包括：

导电衬底 10，所述导电衬底 10 具有第一表面以及与所述第一表面相对的第二表面；

金属反射层 11，位于所述第一表面；

氮化物外延层，位于所述金属反射层 11 表面，包括沿垂直于所述导电衬底 10 的方向依次叠置的 P 型 GaN 层 12、量子阱层 13、准备层 18 和 N 型 GaN 层 14，所述氮化物外延层的厚度小于蓝光波长；

N 型电极 15，位于所述 N 型 GaN 层 14 表面；

P 型电极 16，位于所述第二表面。

具体来说，所述垂直结构蓝光发光二极管发出的蓝光的波长范围优选为 450nm~470nm。本具体实施方式中所述的量子阱层 13 可以为 InGaN/GaN 量子阱层。所述导电衬底 10 可以为金属衬底，也可以为硅衬底。所述导电衬底 10 优选为 Si (100) 衬底。所述准备层 18 的材料可以为 GaN，也可以为 InGaN。所述 N 型电极 15 与所述 P 型电极 16 的材料可以为铬、铂或者金。所述金属反射层 11 的材料可以为银、镍或者银镍合金。所述金属反射层 11 与所述 P 型 GaN 层 12 之间形成欧姆接触。

本具体实施方式中，所述 N 型电极 15 与所述 P 型电极 16 位于所述导电衬底 10 的相对两侧，电流几乎全部垂流通过所述氮化物外延层，几乎没有横向流动的电流，提高了电注入效率。同时将氮化物外延层的厚度设置为小于蓝光波长，使得所述垂直结构蓝光发光二极管不受约束模式的限制，减少甚至是消除了发光二极管出射光线在氮化物外延层内部的传输，降低了内部吸收损耗，使得发光二极管的出光效率大幅度提高。另外，所述金属反射层 11 的设置减少了光线损失，从而，进一步增强了发光二极管的出光效率。

为了进一步提高所述垂直结构蓝光发光二极管的出光效率，优选的，所述氮化物外延层的厚度在 350nm 以下。

优选的，所述垂直结构蓝光发光二极管还包括位于所述导电衬底 10 与所述金属反射层 11 之间的 NiSn 键合层 17。

所述垂直结构蓝光发光二极管由导电衬底 10 与生长衬底键合得到，所述

键合层 17 由位于所述导电衬底 10 的所述第一表面上的第一 NiSn 键合层与位于所述生长衬底键合面上的第二 NiSn 键合层键合形成。

优选的，所述垂直结构蓝光发光二极管呈台阶状结构；所述台阶状结构包括下台阶以及由所述氮化物外延层构成的上台阶；所述下台阶包括所述 P 型电极 16、所述导电衬底 10 与所述金属反射层 11，且所述下台阶沿平行于所述导电衬底 10 的方向突出于所述上台阶。

具体来说，所述金属反射层 11 与所述氮化物外延层沿 Y 轴方向依次叠置于所述导电衬底 10 的第一表面，所述上台阶沿 Y 轴方向叠置于所述下台阶表面，所述下台阶沿 X 轴方向突出于所述上台阶。通过形成所述台阶状结构，便于后续在所述氮化物外延层表面形成钝化层，以对所述氮化物外延层进行保护。

优选的，所述 P 型 GaN 层 12 的厚度为 115nm~135nm，所述量子阱层 13 的厚度为 40nm~60nm，所述准备层 18 的厚度为 60nm~80nm。

举例来说，所述 P 型 GaN 层 12 的厚度为 125nm，所述量子阱层 13 的厚度为 50nm，所述准备层 18 的厚度为 70nm。

不仅如此，本具体实施方式还提供了一种垂直结构蓝光发光二极管的制备方法，附图 2 是本发明具体实施方式中垂直结构蓝光发光二极管的制备方法流程图，附图 3A-3G 是本发明具体实施方式中在制备垂直结构蓝光发光二极管的过程中主要的工艺截面示意图，本具体实施方式制备的垂直结构蓝光发光二极管的具体结构可参见图 1。如图 1-图 2、图 3A-图 3G 所示，本具体实施方式提供的垂直结构蓝光发光二极管的制备方法，包括如下步骤：

步骤 S21，键合一生长衬底 20 和一导电衬底 10，得到如图 3C 所示的结构，所述生长衬底 20 表面具有氮化物外延层和金属反射层 11，所述氮化物外延层包括沿垂直于所述生长衬底 20 的方向依次叠置的缓冲层 22、未掺杂的 GaN（u-GaN）层 21、N 型 GaN 层 14、准备层 18、量子阱层 13、P 型 GaN 层 12，所述金属反射层 11 位于所述 P 型 GaN 层 12 表面，如图 3A 所示；所述导电衬底 10 包括第一表面以及与所述第一表面相对的第二表面，所述第二表面具有 P 型电极 16，如图 3B 所示。

所述生长衬底 20 可以为 III-V 族材料衬底、蓝宝石衬底或者硅衬底。优选的，所述生长衬底 20 为 Si (111) 衬底。形成所述生长衬底 20 的具体步骤包括：

依次沉积缓冲层 22、未掺杂的 GaN (u-GaN) 层 21、N 型 GaN 层 14、准备层 18、量子阱层 13、P 型 GaN 层 12 于所述生长衬底 20 表面；

形成金属反射层 11 于所述 P 型 GaN 层 12 表面。

其中，形成金属反射层 11 于所述 P 型 GaN 层 12 表面的具体方法，本领域技术人员可以根据实际需要进行选择，例如可以采用电子束蒸发工艺。

本具体实施方式中所述的量子阱层 13 可以为 InGaN/GaN 量子阱层。所述导电衬底 10 可以为金属衬底，也可以为硅衬底。所述导电衬底 10 优选为 Si (100) 衬底。所述准备层 18 的材料可以为 GaN，也可以为 InGaN。所述金属反射层 11 的材料可以为银、镍或者银镍合金。所述金属反射层 11 与所述 P 型 GaN 层 12 之间形成欧姆接触。所述缓冲层 22 的材料可以为 AlN/AlGaIn，用于降低所述生长衬底 20 与氮化物外延层之间的应力。

在所述生长衬底 20 中初始形成的所述氮化物外延层中各层的厚度如下：所述缓冲层 22 为 $0.6\mu\text{m}\sim 0.8\mu\text{m}$ 、所述未掺杂的 GaN (u-GaN) 层 21 为 $0.7\mu\text{m}\sim 0.9\mu\text{m}$ 、所述 N 型 GaN 层 14 为 $2.7\mu\text{m}\sim 2.9\mu\text{m}$ 、所述准备层 18 为 $60\text{nm}\sim 80\text{nm}$ 、所述量子阱层 13 为 $40\text{nm}\sim 60\text{nm}$ 、所述 P 型 GaN 层 12 为 $115\text{nm}\sim 135\text{nm}$ 。举例来说，AlN/AlGaIn 材料的所述缓冲层 22 的厚度为 $0.7\mu\text{m}$ 、所述未掺杂的 GaN (u-GaN) 层 21 的厚度为 $0.8\mu\text{m}$ 、所述 N 型 GaN 层 14 的厚度为 $2.8\mu\text{m}$ 、GaN 材料的所述准备层 18 的厚度为 70nm 、InGaIn/GaN 量子阱层的厚度为 50nm 、所述 P 型 GaN 层 12 的厚度为 125nm 。

在键合过程中，以所述金属反射层 11 朝向所述导电衬底 10 的所述第一表面的方式，沿 Y 轴方向键合所述导电衬底 10 与所述生长衬底 20。

具体来说，键合一生长衬底 20 和一导电衬底 10 的具体步骤包括：

于所述金属反射层 11 表面形成第一 NiSn 键合层 171；

于所述导电衬底 20 的所述第一表面形成第二 NiSn 键合层 172；

键合所述第一 NiSn 键合层 171 与所述第二 NiSn 键合层 172。

步骤 S22，剥离所述生长衬底 20，如图 3D 所示。

步骤 S23，刻蚀所述氮化物外延层，去除所述缓冲层 22 和所述未掺杂的 GaN 层 21，并减薄所述 N 型 GaN 层 14，使得残留的所述氮化物外延层的厚度小于蓝光波长，如图 3F 所示。本具体实施方式中所述垂直结构蓝光发光二极管发出的蓝光的波长范围优选为 460nm~470nm。

为了进一步提高所述垂直结构蓝光发光二极管的出光效率，优选的，残留的所述氮化物外延层的厚度在 350nm 以下。本具体实施方式中所述的残留的所述氮化物外延层的厚度是指经过步骤 23 的刻蚀工艺，残留的所述 N 型 GaN 层 14、所述准备层 18、所述量子阱层 13 与所述 P 型 GaN 层 12 的总的厚度。

优选的，刻蚀所述氮化物外延层的具体步骤包括：

刻蚀所述氮化物外延层至所述 N 型 GaN 层 14，去除所述缓冲层 22 和所述未掺杂的 GaN 层 21，并减薄所述 N 型 GaN 层 14，使得残留的所述氮化物外延层的厚度小于蓝光波长，如图 3E 所示；

于残留的所述氮化物外延层中定义器件区域；

刻蚀所述器件区域外围的残留的所述氮化物外延层至所述金属反射层 11，形成台阶状结构；所述台阶状结构包括下台阶以及由器件区域内的残留的所述氮化物外延层构成的上台阶；所述下台阶包括所述 P 型电极 16、所述导电衬底 10 与所述金属反射层 11，且所述下台阶沿平行于所述导电衬底 10 的方向突出于所述上台阶，如图 3F 所示。

具体来说，所述器件区域外围的所述氮化物外延层被去除。所述金属反射层 11 与所述氮化物外延层沿 Y 轴方向依次叠置于所述导电衬底 10 的第一表面，所述上台阶沿 Y 轴方向叠置于所述下台阶表面，所述下台阶沿 X 轴方向突出于所述上台阶。通过形成所述台阶状结构，便于后续在所述氮化物外延层表面形成钝化层，以对所述氮化物外延层进行保护。

步骤 S24，形成 N 型电极 15 于残留的所述 N 型 GaN 层 14 表面，如图 3G 所示。

具体来说，可以采用蒸镀金属电极的方式形成所述 N 型电极 15。所述 N 型电极 15 与所述 P 型电极 16 的材料可以均为铬、铂或者金。

本具体实施方式提供的垂直结构蓝光发光二极管及其制备方法，由于器件采用垂直结构，提高了电注入效率；同时将氮化物外延层的厚度设置为小于蓝光波长，使得所述垂直结构蓝光发光二极管不受约束模式的限制，减少甚至是消除了发光二极管出射光线在氮化物外延层内部的传输，降低了内部吸收损耗，使得发光二极管的出光效率大幅度提高；同时，金属反射层的设置进一步增强了发光二极管的出光效率。

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

1. 一种垂直结构蓝光发光二极管，其特征在于，包括：
导电衬底，所述导电衬底具有第一表面以及与所述第一表面相对的第二表面；
金属反射层，位于所述第一表面；
氮化物外延层，位于所述金属反射层表面，包括沿垂直于所述导电衬底的方向依次叠置的 P 型 GaN 层、量子阱层、准备层和 N 型 GaN 层，所述氮化物外延层的厚度小于蓝光波长；
N 型电极，位于所述 N 型 GaN 层表面；
P 型电极，位于所述第二表面。
2. 根据权利要求 1 所述的垂直结构蓝光发光二极管，其特征在于，所述氮化物外延层的厚度在 350nm 以下。
3. 根据权利要求 1 所述的垂直结构蓝光发光二极管，其特征在于，还包括位于所述导电衬底与所述金属反射层之间的 NiSn 键合层。
4. 根据权利要求 1 所述的垂直结构蓝光发光二极管，其特征在于，所述垂直结构蓝光发光二极管呈台阶状结构；所述台阶状结构包括下台阶以及由所述氮化物外延层构成的上台阶；所述下台阶包括所述 P 型电极、所述导电衬底与所述金属反射层，且所述下台阶沿平行于所述导电衬底的方向突出于所述上台阶。
5. 根据权利要求 1 所述的垂直结构蓝光发光二极管，其特征在于，所述 P 型 GaN 层的厚度为 115nm~135nm，所述量子阱层的厚度为 40nm~60nm，所述准备层的厚度为 60nm~80nm。
6. 一种垂直结构蓝光发光二极管的制备方法，其特征在于，包括如下步骤：
键合一生长衬底和一导电衬底，所述生长衬底表面具有氮化物外延层和金属反射层，所述氮化物外延层包括沿垂直于所述生长衬底的方向依次叠置的缓冲层、未掺杂的 GaN 层、N 型 GaN 层、准备层、量子阱层、P 型 GaN 层，所述金属反射层位于所述 P 型 GaN 层表面；所述导电衬底包括第一表面以及与所述第一表面相对的第二表面，所述第二表面具有 P 型电极；

剥离所述生长衬底；

刻蚀所述氮化物外延层，去除所述缓冲层和所述未掺杂的 GaN 层，并减薄所述 N 型 GaN 层，使得残留的所述氮化物外延层的厚度小于蓝光波长；
形成 N 型电极于残留的所述 N 型 GaN 层表面。

7. 根据权利要求 6 所述的垂直结构蓝光发光二极管的制备方法，其特征在于，
残留的所述氮化物外延层的厚度在 350nm 以下。

8. 根据权利要求 6 所述的垂直结构蓝光发光二极管的制备方法，其特征在于，
键合一生长衬底和一导电衬底的具体步骤包括：

于所述金属反射层表面形成第一 NiSn 键合层；

于所述导电衬底的所述第一表面形成第二 NiSn 键合层；

键合所述第一 NiSn 键合层与所述第二 NiSn 键合层。

9. 根据权利要求 6 所述的垂直结构蓝光发光二极管的制备方法，其特征在于，
刻蚀所述氮化物外延层的具体步骤包括：

刻蚀所述氮化物外延层至所述 N 型 GaN 层，去除所述缓冲层和所述未掺杂的 GaN 层，并减薄所述 N 型 GaN 层，使得残留的所述氮化物外延层的厚度小于蓝光波长；

于残留的所述氮化物外延层中定义器件区域；

刻蚀所述器件区域外围的残留的所述氮化物外延层至所述金属反射层，形成台阶状结构；所述台阶状结构包括下台阶以及由器件区域内的残留的所述氮化物外延层构成的上台阶；所述下台阶包括所述 P 型电极、所述导电衬底与所述金属反射层，且所述下台阶沿平行于所述导电衬底的方向突出于所述上台阶。

10. 根据权利要求 6 所述的垂直结构蓝光发光二极管的制备方法，其特征在于，
所述 P 型 GaN 层的厚度为 115nm~135nm，所述量子阱层的厚度为 40nm~60nm，所述准备层的厚度为 60nm~80nm。

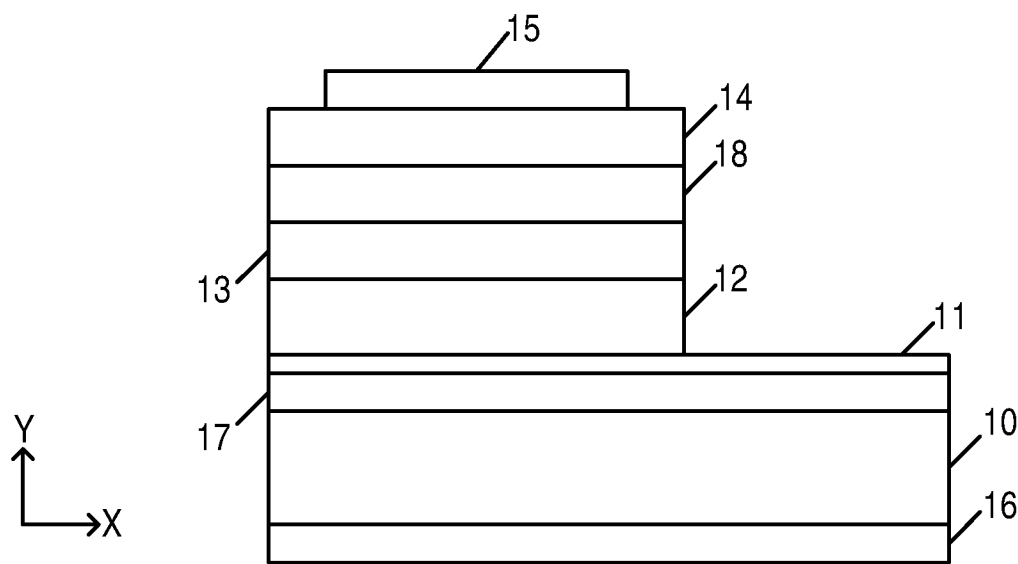


图 1

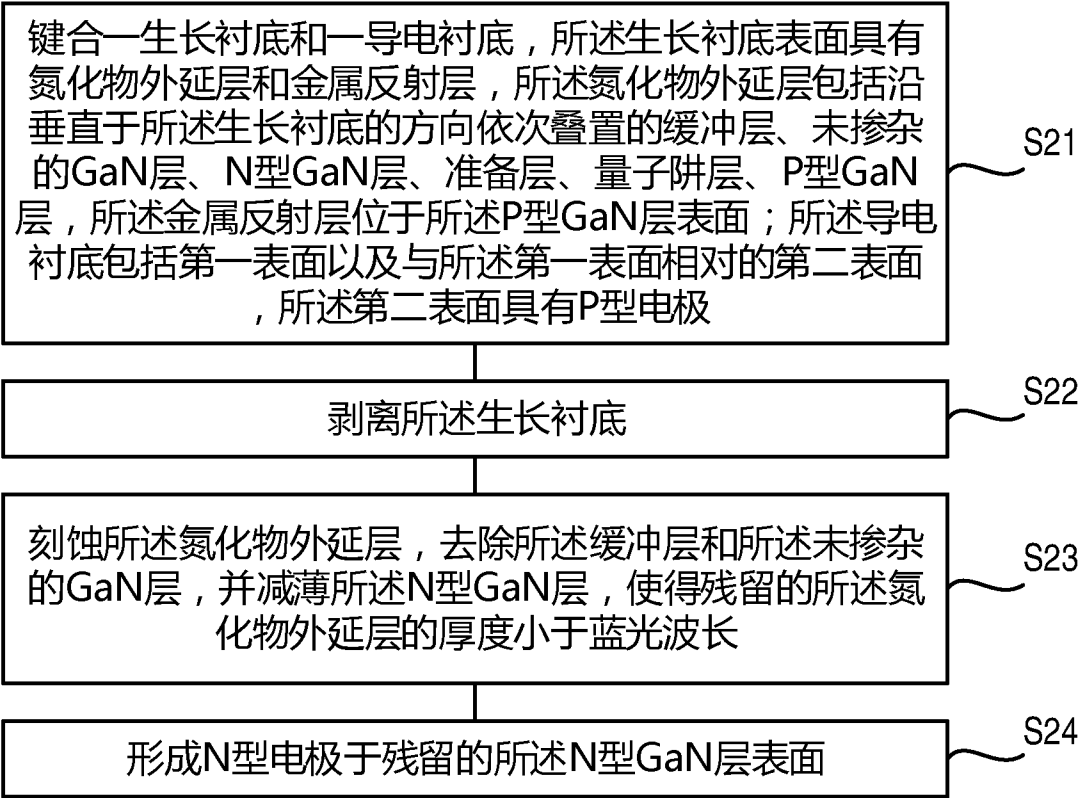


图 2

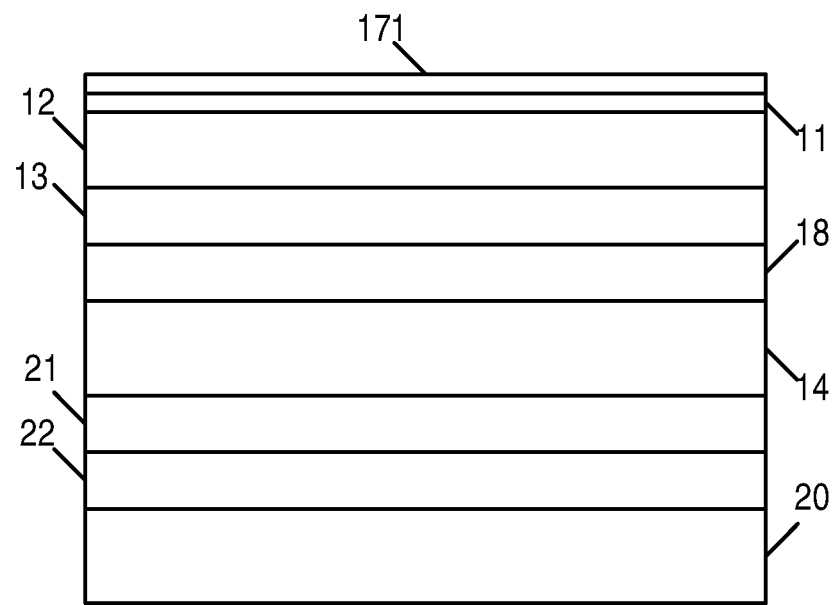


图 3A

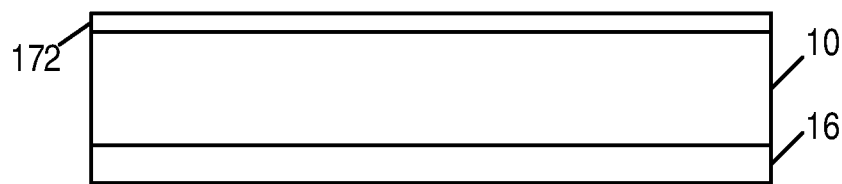


图 3B

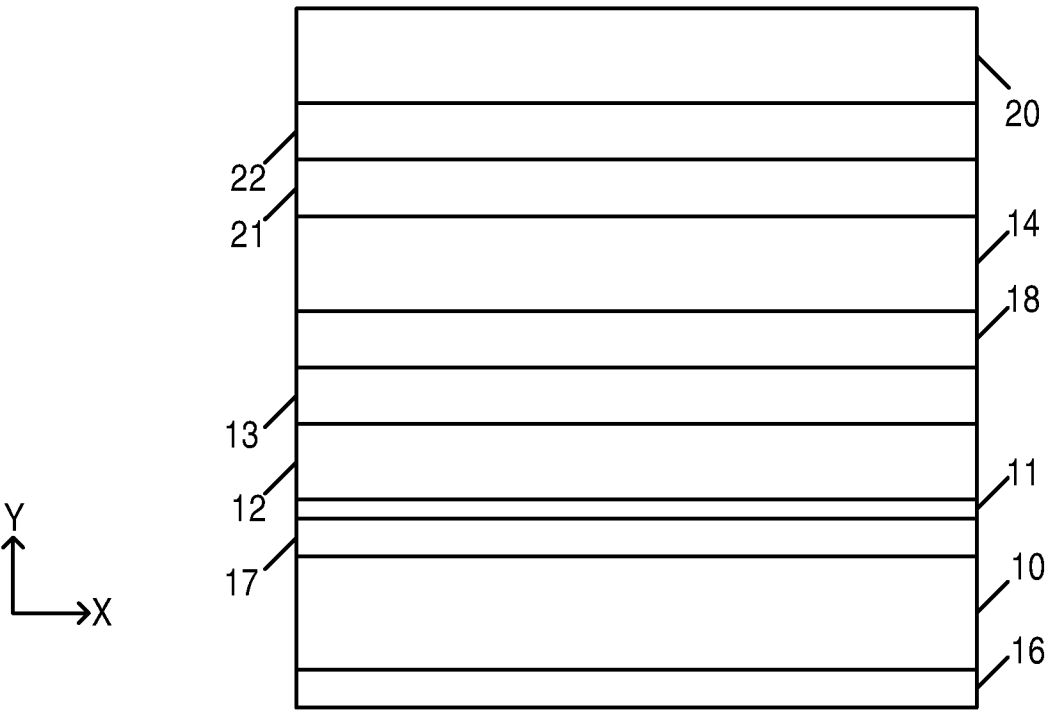


图 3C

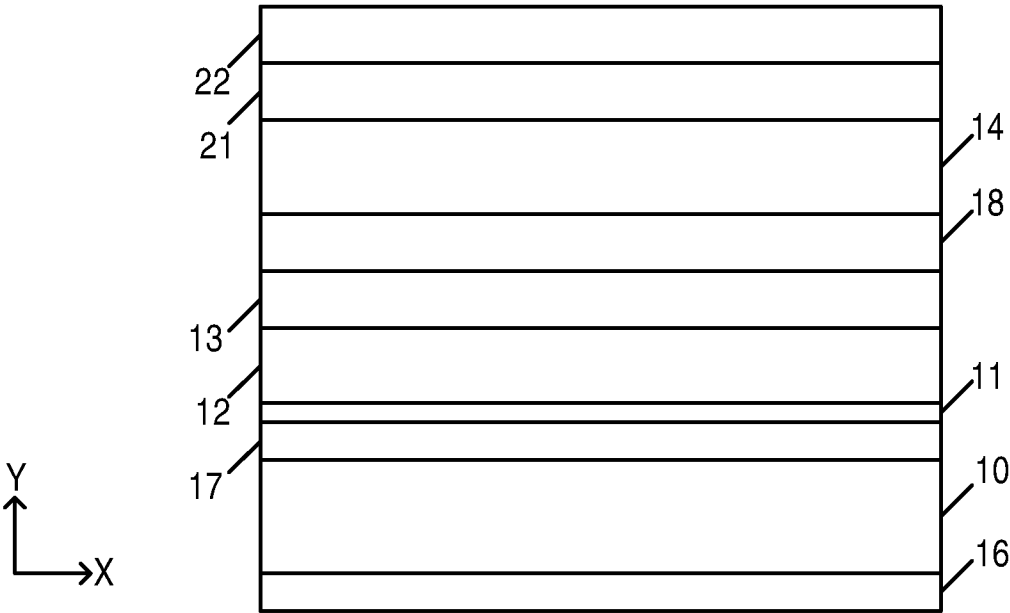


图 3D

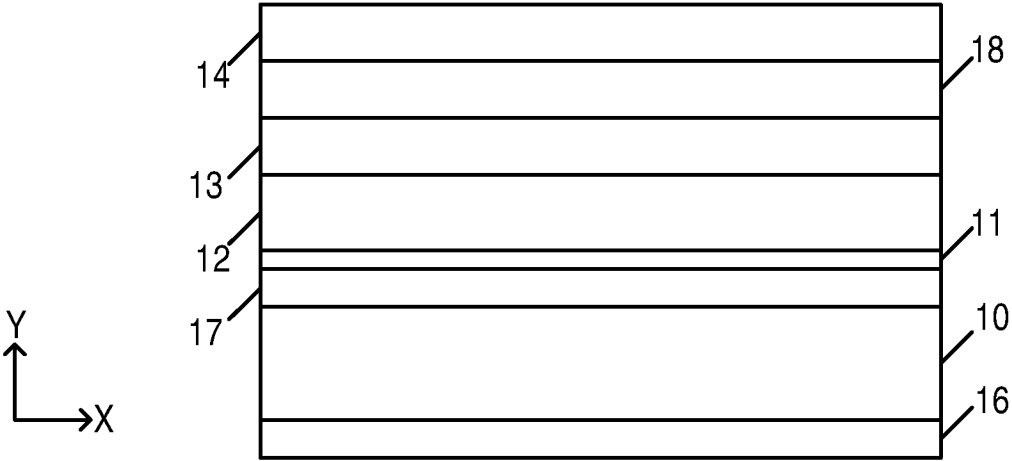


图 3E

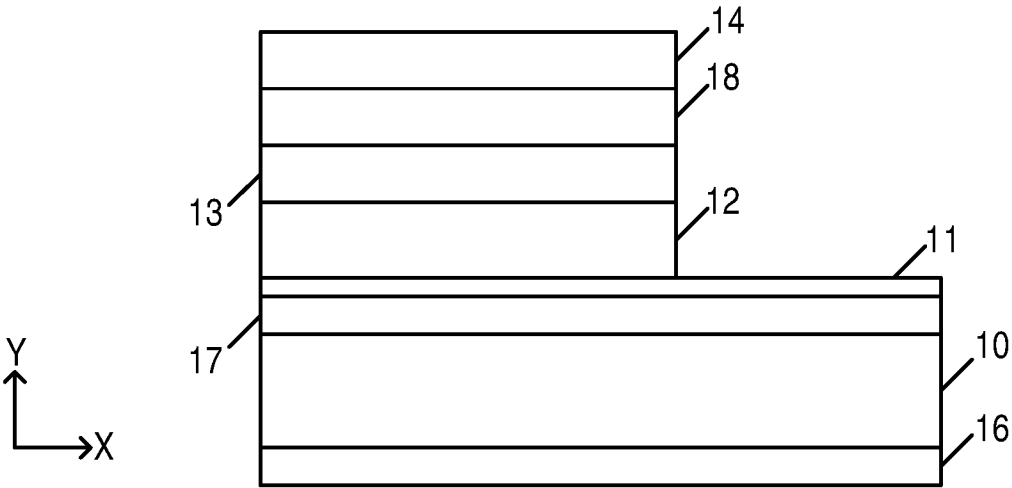


图 3F

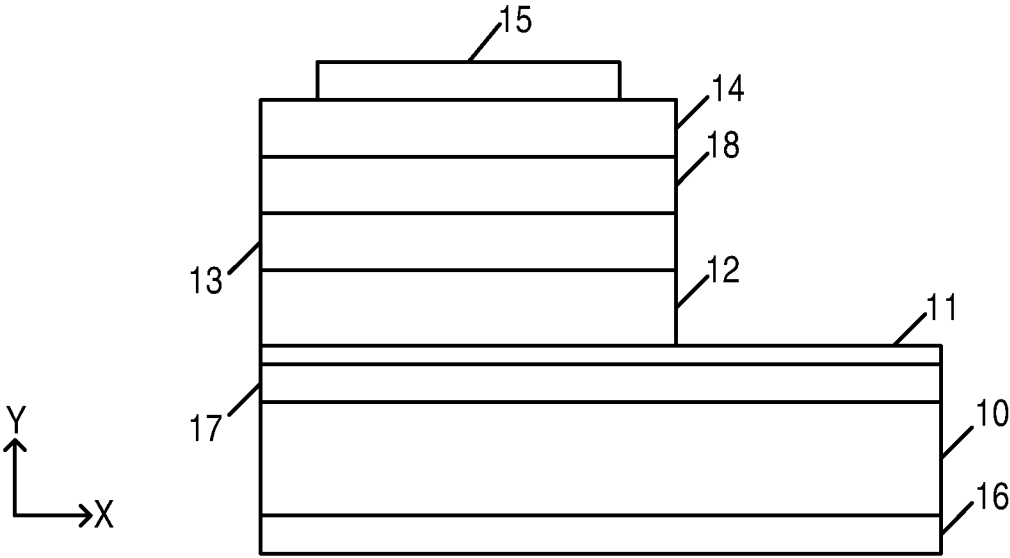


图 3G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/112933

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 33/00(2010.01)i; H01L 33/10(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)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKE: 垂直, 二极管, 氮化物, GaN, 反射, 外延, 厚, 波长, 量子阱, vertical, LED, nitride, reflect+, epitax+, thick+, wavelength, quantum 2w well

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109994578 A (NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 09 July 2019 (2019-07-09) description, paragraphs [0035]-[0075], and figures 1-3	1-10
X	CN 101523623 A (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.) 02 September 2009 (2009-09-02) description, page 4, line 27 to page 13, line 3, and figures 2-23	1-3, 5-8, 10
Y	CN 101523623 A (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.) 02 September 2009 (2009-09-02) description, page 4, line 27 to page 13, line 3, and figures 2-23	4, 9
Y	CN 108281522 A (ENRAYTEK OPTOELECTRONICS CO., LTD.) 13 July 2018 (2018-07-13) description, paragraphs [0002]-[0030], and figures 2-5	4, 9
A	US 2007126022 A1 (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 07 June 2007 (2007-06-07) entire document	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

03 January 2020

Date of mailing of the international search report

23 January 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/112933

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015028356 A1 (KWANGJU INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 29 January 2015 (2015-01-29) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/112933

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109994578	A	09 July 2019	None			
CN	101523623	A	02 September 2009	EP	2074669	A2	01 July 2009
				US	7697584	B2	13 April 2010
				US	2008080581	A1	03 April 2008
				BR	PI0719765	A2	28 January 2014
				JP	5237286	B2	17 July 2013
				WO	2008041161	A3	03 July 2008
				EP	2074669	B1	15 November 2017
				WO	2008041161	A2	10 April 2008
				CN	101523623	B	07 September 2011
				TW	200836372	A	01 September 2008
				TW	I453942	B	21 September 2014
				JP	2010506382	A	25 February 2010
				IN	200902394	P4	25 June 2010
CN	108281522	A	13 July 2018	None			
US	2007126022	A1	07 June 2007	JP	4767157	B2	07 September 2011
				KR	20070059280	A	12 June 2007
				US	2009181485	A1	16 July 2009
				JP	2007158334	A	21 June 2007
				US	7695989	B2	13 April 2010
				KR	100730072	B1	20 June 2007
				US	7573076	B2	11 August 2009
US	2015028356	A1	29 January 2015	KR	101490174	B1	05 February 2015
				US	9466642	B2	11 October 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/112933

A. 主题的分类

H01L 33/00(2010.01)i; H01L 33/10(2010.01)i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H01L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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))

WPI, EPDOC, CNPAT, CNKE:垂直, 二极管, 氮化物, GaN, 反射, 外延, 厚, 波长, 量子阱, vertical, LED, nitride, reflect+, epitax+, thick+, wavelength, quantum 2w well

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 109994578 A (南京邮电大学) 2019年 7月 9日 (2019 - 07 - 09) 说明书第[0035]-[0075], 图1-3	1-10
X	CN 101523623 A (皇家飞利浦电子股份有限公司) 2009年 9月 2日 (2009 - 09 - 02) 说明书第4页第27行至第13页第3行, 图2-23	1-3, 5-8, 10
Y	CN 101523623 A (皇家飞利浦电子股份有限公司) 2009年 9月 2日 (2009 - 09 - 02) 说明书第4页第27行至第13页第3行, 图2-23	4, 9
Y	CN 108281522 A (映瑞光电科技上海有限公司) 2018年 7月 13日 (2018 - 07 - 13) 说明书第[0002]-[0030]段, 图2-5	4, 9
A	US 2007126022 A1 (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 2007年 6月 7日 (2007 - 06 - 07) 全文	1-10
A	US 2015028356 A1 (KWANGJU INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 2015年 1月 29日 (2015 - 01 - 29) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“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)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“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

“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

“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

“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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 1月 3日

国际检索报告邮寄日期

2020年 1月 23日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

赵凤瑗

电话号码 (86-10) 53961478

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/112933

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	109994578	A	2019年 7月 9日	无			
CN	101523623	A	2009年 9月 2日	EP	2074669	A2	2009年 7月 1日
				US	7697584	B2	2010年 4月 13日
				US	2008080581	A1	2008年 4月 3日
				BR	PI0719765	A2	2014年 1月 28日
				JP	5237286	B2	2013年 7月 17日
				WO	2008041161	A3	2008年 7月 3日
				EP	2074669	B1	2017年 11月 15日
				WO	2008041161	A2	2008年 4月 10日
				CN	101523623	B	2011年 9月 7日
				TW	200836372	A	2008年 9月 1日
				TW	1453942	B	2014年 9月 21日
				JP	2010506382	A	2010年 2月 25日
				IN	200902394	P4	2010年 6月 25日
CN	108281522	A	2018年 7月 13日	无			
US	2007126022	A1	2007年 6月 7日	JP	4767157	B2	2011年 9月 7日
				KR	20070059280	A	2007年 6月 12日
				US	2009181485	A1	2009年 7月 16日
				JP	2007158334	A	2007年 6月 21日
				US	7695989	B2	2010年 4月 13日
				KR	100730072	B1	2007年 6月 20日
				US	7573076	B2	2009年 8月 11日
US	2015028356	A1	2015年 1月 29日	KR	101490174	B1	2015年 2月 5日
				US	9466642	B2	2016年 10月 11日