

(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
2017 年 5 月 26 日 (26.05.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/084243 A1

- (51) 国际专利分类号:
G02B 6/122 (2006.01) *H01L 33/02* (2010.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/080091
- (22) 国际申请日: 2016 年 4 月 23 日 (23.04.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510816501.1 2015 年 11 月 20 日 (20.11.2015) CN
- (71) 申请人: 南京邮电大学 (NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) [CN/CN]; 中国江苏省南京市新模范马路 66 号, Jiangsu 210003 (CN)。
- (72) 发明人: 王永进 (WANG, Yongjin); 中国江苏省南京市新模范马路 66 号, Jiangsu 210003 (CN)。 朱桂遐 (ZHU, Guixia); 中国江苏省南京市新模范马路 66 号, Jiangsu 210003 (CN)。 白丹 (BAI, Dan); 中国江苏省南京市新模范马路 66 号, Jiangsu 210003 (CN)。 袁佳磊 (YUAN, Jialei); 中国江苏省南京市新模范

马路 66 号, Jiangsu 210003 (CN)。 许银 (XU, Yin); 中国江苏省南京市新模范马路 66 号, Jiangsu 210003 (CN)。

- (74) 代理人: 江苏爱信律师事务所 (JIANGSU AIXIN LAW FIRM); 中国江苏省南京市汉中门大街 1 号金鹰汉中新城 18 层 E 座, Jiangsu 210029 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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,

[见续页]

(54) Title: DEVICE INTEGRATING SUSPENDED LED, OPTICAL WAVEGUIDE AND PHOTOELECTRIC DETECTOR ON SAME CHIP, AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件及其制备方法

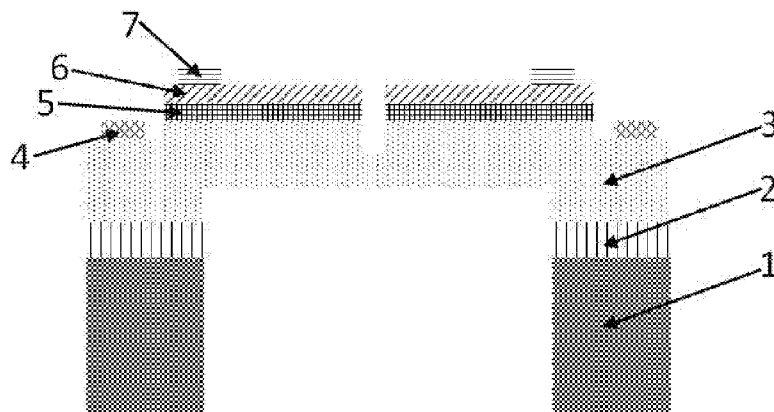


图 1

(57) Abstract: A device integrating a suspended LED, an optical waveguide and a photoelectric detector on a same chip, and a preparation method therefor. In the device, a silicon substrate layer (1) under a device structure is stripped and removed by using an anisotropic silicon etching technology, so as to obtain a device integrating a suspended nitride film LED, an optical waveguide and a detector on a same chip; and by further using a nitride back thinning and etching technology, a device integrating an ultra-thin silicon substrate suspended LED, an optical waveguide and a photoelectric detector is obtained. A light source, an optical waveguide (8) and a photoelectric detector are integrated on a same chip, and light emitted from an LED device is laterally coupled into the optical waveguide (8), is transmitted through the optical waveguide (8), and is detected by the photoelectric detector at the other end of the waveguide (8), so that a plane photon monolithic integrated device is achieved; and the device is applied in the fields of optical communications and optical sensing.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2017/084243 A1



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))。

一种悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件及其制备方法，该器件利用各向异性硅刻蚀技术，剥离去除器件结构下硅衬底层（1），得到悬空氮化物薄膜 LED 光波导探测器单片集成器件，进一步采用氮化物背后减薄刻蚀技术，获得超薄的硅衬底悬空 LED 光波导探测器单片集成器件。将光源、光波导（8）和光电探测器集成在同一芯片上，LED 器件发出的光，侧向耦合进光波导（8），通过光波导（8）传输，在波导（8）另一端被光电探测器检测到，实现平面光子单片集成器件，应用于光通信和光传感领域。

悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件及其制备方法

技术领域

本发明属于信息材料与器件领域，涉及一种悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件及其制备技术。

背景技术

氮化物材料特别是 GaN 材料可以同时具备发光、传输及探测的功能。因此，基于硅衬底氮化物材料发展单片集成的平面光子器件成为一种可能。剥离硅衬底，利用氮化物材料的高折射率特性，可以实现高光限制特性的光波导器件。同时，悬空氮化物 LED 和光电探测器的性能也会得到大幅度提升。基于硅衬底的氮化物材料，利用的硅刻蚀加工技术，进行硅衬底剥离，进一步减薄悬空氮化物薄膜，获得超薄氮化物单片集成器件，将 LED、光波导和光电探测器集成于同一芯片上。LED 器件发出的光，侧向耦合进光波导，通过光波导传输，在波导另一端被光电探测器检测到，实现平面光子单片集成器件，为发展面向光通信、光传感的氮化物光子及光学微机电器件奠定了基础。

发明内容

技术问题：本发明提供一种悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件，将光源、光波导和光电探测器集成在同一芯片上，LED 器件发出的光，侧向耦合进光波导，通过光波导传输，在波导另一端被光电探测器检测到，实现平面光子单片集成器件。本发明同时提供一种该器件的制备方法。

技术方案：本发明的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件，以硅基氮化物晶片为载体，包括硅衬底层、设置在所述硅衬底层上的外延缓冲层、设置在所述外延缓冲层上的 LED 器件和光电探测器，所述 LED 器件和光电探测器之间通过光波导相连；所述 LED 器件和光电探测器均由 p-n 结、p-电极和 n-电极组成，所述 p-n 结包括从下至上依次连接设置的 n-GaN 层、InGaN/GaN 量子阱和 p-GaN 层，所述 p-电极设置在 p-GaN 层上，在所述 n-GaN 层上表面有刻蚀出的阶梯状台面，所述阶梯状台面包括下台面和位于下台面上的上台面，所述上台面与 InGaN/GaN 量子阱的底面连接，所述 n-

电极设置在下台面上；在所述光波导上设置有一个将其分割为两部分的隔离槽，一部分与 LED 器件连接，另一部分与光电探测器连接，在所述 n-GaN 层下方设置有与 p-电极、n-电极和光波导的位置正对且贯穿硅衬底层、外延缓冲层至 n-GaN 层底面的空腔，使得 LED 器件、光电探测器和光波导悬空。

进一步的，本发明的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件中，所述 p-电极由依次连接的悬空 p-电极区、p-电极导电区和 p-电极引线区组成；所述 n-电极由相互连接的 n-电极导电区和 n-电极引线区组成，所述空腔处于光波导和两个悬空 p-电极区的下方。

进一步的，本发明的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件中，所述 LED 器件、光波导和光电探测器均在硅基氮化物晶片的氮化物层上实现。

进一步的，本发明的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件中，所述隔离槽是将光波导从 p-GaN 层向下刻蚀至 n-GaN 层形成的。

进一步的，本发明的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件中，所述 p-电极和 n-电极均为 Ni/Au 电极，即沉积的金属材料为 Ni/Au。

本发明的制备上述悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件的方法，包括以下步骤：

步骤（1）在硅基氮化物晶片背后对硅衬底层进行减薄抛光；

步骤（2）在硅基氮化物晶片上表面均匀涂上一层光刻胶，采用曝光技术在光刻胶层上定义出光波导区域和 n-GaN 台阶区域，所述 n-GaN 台阶区域包括下台面和上台面；

步骤（3）采用反应离子束刻蚀 n-GaN 台阶区域和光波导区域；

步骤（4）去除残余光刻胶，得到阶梯状台面、光波导、位于上台面的 LED 器件的 p-GaN 层、光电探测器的 p-GaN 层、LED 器件的 InGaN/GaN 量子阱和光电探测器的 InGaN/GaN 量子阱；

步骤（5）在硅基氮化物晶片上表面均匀涂上一层光刻胶，光刻定义出位于上台面的 LED 器件的 p-电极窗口区域和光电探测器的 p-电极窗口区域、位于下台面的 LED 器件的 n-电极窗口区域和光电探测器的 n-电极窗口区域，然后在所述 p-电极窗口区域与 n-电极窗口区域分别蒸镀 Ni/Au，形成欧姆接触，实现 p-电极与 n-电极，去除残余光刻胶后，即得到 LED 器件和光电探测器；

步骤（6）在硅基氮化物晶片上表面均匀涂上一层光刻胶，在光波导区域光刻定义出位于 LED 器件和光电探测器之间、并将光波导区域分割的隔离槽窗口区域；

步骤（7）采用反应离子束从上向下刻蚀氮化物层至 n-GaN 层，得到隔离槽；

步骤（8）在硅基氮化物晶片顶层涂胶保护，防止刻蚀过程中损伤表面器件，在硅基氮化物晶片的硅衬底层下表面旋涂一层光刻胶层，利用背后对准技术，定义出一个对准并覆盖光波导、LED 器件的悬空 p-电极区和光电探测器的悬空 p-电极区的背后刻蚀窗口；

步骤（9）将外延缓冲层作为刻蚀阻挡层，利用背后深硅刻蚀技术，通过背后刻蚀窗口将所述硅衬底层贯穿刻蚀至外延缓冲层的下表面，形成一个空腔；

步骤（10）采用氮化物背后减薄刻蚀技术，从下往上对外延缓冲层和 n-GaN 层进行氮化物减薄处理；

步骤（11）去除残余光刻胶，即获得悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件。

进一步的，本发明制备方法中，所述步骤（5）中的蒸镀 Ni/Au，采用剥离工艺和温度控制在 $500 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的氮气退火技术实现。

进一步的，本发明制备方法中，所述步骤（10）中，所述氮化物背后减薄刻蚀技术为离子束轰击或反应离子束刻蚀技术。

进一步的，本发明制备方式中，所述步骤（5）中定义的 p-电极窗口区域包括依次连接的悬空 p-电极区窗口、p-电极导电区窗口和 p-电极引线区窗口，所述 n-电极窗口区域包括相互连接的 n-电极导电区窗口和 n-电极引线区窗口。

本发明通过曝光技术和氮化物刻蚀工艺，将 LED、光波导和光电探测器转移到顶层氮化物器件层，为了防止 LED 器件和光电探测器的互相干扰，定义隔离槽，在隔离槽区域从上向下刻蚀光波导至 n-GaN 层。利用各向异性硅刻蚀技术，剥离去除器件结构下硅衬底层和外延缓冲层，进一步采用氮化物背后减薄刻蚀技术，获得超薄的硅衬底悬空 LED、光波导和光电探测器单片集成器件。

有益效果：本发明与现有技术相比，具有以下优点：

本发明的硅衬底悬空 LED、光波导和光电探测器单片集成器件，相较于其他不同材质的分离的 LED、光波导和光电探测器集成，将 LED、光波导和光电探测器集成于同一芯片上，LED 器件发光、光子的平面波导传输及光电探测器的感知集成于同一片晶圆上，简化了制作工艺，降低了难度，解决了平面光子单片集成的难题。

本发明器件将光源、光波导和光电探测器集成在同一芯片上，LED 器件发出的光，侧向耦合进光波导，通过光波导传输，在波导另一端被光电探测器检测到，实现平面光子单片集成器件

本发明的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件，使用隔离槽使 LED 光源器件和光电探测器在平面内隔离，降低器件之间的相互干扰。

本发明的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件，其制备技术可以与硅加工技术兼容，可实现面向可见光波段光通信、光传感的平面光子集成器件。

附图说明

图 1 是本发明硅衬底悬空 LED、光波导和光电探测器单片集成器件结构示意图。

图 2 是本发明硅衬底悬空 LED、光波导和光电探测器单片集成器件俯视图。

图 3 是本发明硅衬底悬空 LED、光波导和光电探测器单片集成器件的制造流程图。

图中有：1—硅衬底层；2—外延缓冲层；3—n-GaN；4—n-电极；5—InGaN/GaN 量子阱；6—p-GaN 层；7—p-电极；8—光波导；9—悬空 p-电极区；10—p-电极导电区；11—p-电极引线区；12—n-电极导电区；13—n-电极引线区。

具体实施方式

下面结合实施例和说明书附图对本发明作进一步的说明。

图 1、图 2 给出了本发明的硅衬底悬空 LED、光波导和光电探测器单片集成器件的结构示意图。该单片集成器件以硅基氮化物晶片为载体，包括硅衬底层 1、设置在所述硅衬底层 1 上的外延缓冲层 2、设置在所述外延缓冲层 2 上的 LED 器件和光电探测器，所述 LED 器件和光电探测器之间通过光波导 8 相连；所述 LED 器件和光电探测器均由 p-n 结、p-电极 7 和 n-电极 4 组成，所述 p-n 结包括从下至上依次连接设置的 n-GaN 层 3、InGaN/GaN 量子阱 5 和 p-GaN 层 6，所述 p-电极 7 设置在 p-GaN 层 6 上，在所述 n-GaN 层 3 上表面有刻蚀出的阶梯状台面，所述阶梯状台面包括下台面和位于下台面上的上台面，所述上台面与 InGaN/GaN 量子阱 5 的底面连接，所述 n-电极 4 设置在下台面上；在所述光波导 8 上设置有一个将其分割为两部分的隔离槽，一部分与 LED 器件连接，另一部分与光电探测器连接，在所述 n-GaN 层 3 下方设置有与 p-电极 7、n-电极 4 和光波导 8 的位置正对且贯穿硅衬底层 1、外延缓冲层 2 至 n-GaN 层 3 底面的空腔，使得 LED、光电探测器和光波导 8 悬空。进一步的，本发明的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件中，所述 p-电极 7 由依次连接的悬空 p-电极区 9、p-电极导电区 10 和 p-电极引线区 11 组成；所述 n-电极 4 由相互连接的 n-电极导电区 12

和 n-电极引线区 13 组成, 所述空腔处于光波导 8 和两个悬空 p-电极区 9 的下方。

本发明的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件, 所述的 InGa_N/Ga_N 量子阱 5 中, 铟氮化镓 InGa_N 与氮化镓 Ga_N 间隔沉积形成量子阱层。

本发明的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件, 所述 LED 器件、光波导和光电探测器均在硅基氮化物晶片的氮化物层上实现, 光波导与 LED 及光电探测器均连接。

本发明的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件, 所述隔离槽是光波导 8 从 p-Ga_N 层 6 向下刻蚀至 n-Ga_N 层 3 形成的, 被断开的光波导 8 分别与 LED 和光电探测器相连。

本发明的另一个优选实施例中, LED 器件的 p-电极和 n-电极均为 Ni/Au 电极, 即沉积的金属材料为镍-金合金 Ni/Au。

本发明的制备上述硅衬底悬空 LED、光波导和光电探测器单片集成器件的方法, 包括以下步骤:

- 1) 在硅基氮化物晶片背后对硅衬底层 1 进行减薄抛光;
- 2) 在硅基氮化物晶片上表面均匀涂上一层光刻胶, 采用曝光技术在光刻胶层上定义出光波导区域和 n-Ga_N 台阶区域, 所述 n-Ga_N 台阶区域包括下台面和上台面;
- 3) 采用反应离子束刻蚀 n-Ga_N 台阶区域和光波导区域;
- 4) 去除残余光刻胶, 得到阶梯状台面、光波导 8、位于上台面的 LED 器件的 p-Ga_N 层 6、光电探测器的 p-Ga_N 层 6、LED 器件的 InGa_N/Ga_N 量子阱 5 和光电探测器的 InGa_N/Ga_N 量子阱 5;
- 5) 在硅基氮化物晶片上表面均匀涂上一层光刻胶, 光刻定义出位于上台面的 LED 器件的 p-电极窗口区域和光电探测器的 p-电极窗口区域、位于下台面的 LED 器件的 n-电极窗口区域和光电探测器的 n-电极窗口区域, 然后在所述 p-电极窗口区域与 n-电极窗口区域分别蒸镀 Ni/Au, 形成欧姆接触, 实现 p-电极 7 与 n-电极 4, 去除残余光刻胶后, 即得到 LED 器件和光电探测器;
- 6) 在硅基氮化物晶片上表面均匀涂上一层光刻胶, 在光波导区域光刻定义出位于 LED 器件和光电探测器之间、并将光波导区域分割的隔离槽窗口区域;
- 7) 采用反应离子束从上向下刻蚀氮化物层至 n-Ga_N 层 3, 得到隔离槽;
- 8) 在硅基氮化物晶片顶层涂胶保护, 防止刻蚀过程中损伤表面器件, 在硅基氮化物晶片的硅衬底层 1 下表面旋涂一层光刻胶层, 利用背后对准技术, 定义出一个对准

并覆盖光波导 8、LED 器件的悬空 p-电极区 9 和光电探测器的悬空 p-电极区 9 的背后刻蚀窗口；

9) 将外延缓冲层 2 作为刻蚀阻挡层，利用背后深硅刻蚀技术，通过背后刻蚀窗口将所述硅衬底层 1 贯穿刻蚀至外延缓冲层 2 的下表面，形成一个空腔；

10) 采用氮化物背后减薄刻蚀技术，从下往上对外延缓冲层 2 和 n-GaN 层 3 进行氮化物减薄处理；

11) 去除残余光刻胶，即获得硅衬底悬空 LED、光波导和光电探测器单片集成器件。

上述实施例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来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和等同替换，这些对本发明权利要求进行改进和等同替换后的技术方案，均落入本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件，其特征在于，该器件以硅基氮化物晶片为载体，包括硅衬底层（1）、设置在所述硅衬底层（1）上的外延缓冲层（2）、设置在所述外延缓冲层（2）上的 LED 器件和光电探测器，所述 LED 器件和光电探测器之间通过光波导（8）相连；所述 LED 器件和光电探测器均由 p-n 结、p-电极（7）和 n-电极（4）组成，所述 p-n 结包括从下至上依次连接设置的 n-GaN 层（3）、InGaN/GaN 量子阱（5）和 p-GaN 层（6），所述 p-电极（7）设置在 p-GaN 层（6）上，在所述 n-GaN 层（3）上表面有刻蚀出的阶梯状台面，所述阶梯状台面包括下台面和位于下台面上的上台面，所述上台面与 InGaN/GaN 量子阱（5）的底面连接，所述 n-电极（4）设置在下台面上；

在所述光波导（8）上设置有一个将其分割为两部分的隔离槽，一部分与 LED 器件连接，另一部分与光电探测器连接，在所述 n-GaN 层（3）下方设置有与 p-电极（7）、n-电极（4）和光波导（8）的位置正对且贯穿硅衬底层（1）、外延缓冲层（2）至 n-GaN 层（3）底面的空腔，使得 LED 器件、光电探测器和光波导（8）悬空。

2. 根据权利要求 1 所述的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件，其特征在于，所述 p-电极（7）由依次连接的悬空 p-电极区（9）、p-电极导电区（10）和 p-电极引线区（11）组成；所述 n-电极（4）由相互连接的 n-电极导电区（12）和 n-电极引线区（13）组成，所述空腔处于光波导（8）和两个悬空 p-电极区（9）的下方。

3. 根据权利要求 1 所述的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件，其特征在于，所述 LED 器件、光波导（8）和光电探测器均在硅基氮化物晶片的氮化物层上实现。

4. 根据权利要求 1 所述的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件，其特征在于，所述隔离槽是将光波导（8）从 p-GaN 层（6）向下刻蚀至 n-GaN 层（3）形成的。

5. 根据权利要求 1、2、3 或 4 所述的悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件，其特征在于，所述 p-电极（7）和 n-电极（4）均为 Ni/Au 电极，即沉积的金属材料为 Ni/Au。

6. 一种制备权利要求 1 至 5 所述悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件的方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

步骤（1）在硅基氮化物晶片背后对硅衬底层（1）进行减薄抛光；

步骤(2)在硅基氮化物晶片上表面均匀涂上一层光刻胶,采用曝光技术在光刻胶层上定义出光波导区域和 n-GaN 台阶区域,所述 n-GaN 台阶区域包括下台面和上台面;

步骤(3)采用反应离子束刻蚀 n-GaN 台阶区域和光波导区域;

步骤(4)去除残余光刻胶,得到阶梯状台面、光波导(8)、位于上台面的 LED 器件的 p-GaN 层(6)、光电探测器的 p-GaN 层(6)、LED 器件的 InGaN/GaN 量子阱(5)和光电探测器的 InGaN/GaN 量子阱(5);

步骤(5)在硅基氮化物晶片上表面均匀涂上一层光刻胶,光刻定义出位于上台面的 LED 器件的 p-电极窗口区域和光电探测器的 p-电极窗口区域、位于下台面的 LED 器件的 n-电极窗口区域和光电探测器的 n-电极窗口区域,然后在所述 p-电极窗口区域与 n-电极窗口区域分别蒸镀 Ni/Au,形成欧姆接触,实现 p-电极(7)与 n-电极(4),去除残余光刻胶后,即得到 LED 器件和光电探测器;

步骤(6)在硅基氮化物晶片上表面均匀涂上一层光刻胶,在光波导区域光刻定义出位于 LED 器件和光电探测器之间、并将光波导区域分割的隔离槽窗口区域;

步骤(7)采用反应离子束从上向下刻蚀氮化物层至 n-GaN 层(3),得到隔离槽;

步骤(8)在硅基氮化物晶片顶层涂胶保护,防止刻蚀过程中损伤表面器件,在硅基氮化物晶片的硅衬底层(1)下表面旋涂一层光刻胶层,利用背后对准技术,定义出一个对准并覆盖光波导(8)、LED 器件的悬空 p-电极区(9)和光电探测器的悬空 p-电极区(9)的背后刻蚀窗口;

步骤(9)将外延缓冲层(2)作为刻蚀阻挡层,利用背后深硅刻蚀技术,通过背后刻蚀窗口将所述硅衬底层(1)贯穿刻蚀至外延缓冲层(2)的下表面,形成一个空腔;

步骤(10)采用氮化物背后减薄刻蚀技术,从下往上对外延缓冲层(2)和 n-GaN 层(3)进行氮化物减薄处理;

步骤(11)去除残余光刻胶,即获得悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件。

7. 根据权利要求 6 所述的制备悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件的方法,其特征在于,所述步骤(5)中的蒸镀 Ni/Au,采用剥离工艺和温度控制在 $500 \pm 5^\circ\text{C}$ 的氮气退火技术实现。

8. 根据权利要求 6 所述的制备悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件的方法,其特征在于,所述步骤(10)中,所述氮化物背后减薄刻蚀技术为离子束轰击或反应离子束刻蚀技术。

9. 根据权利要求 6、7 或 8 所述的制备悬空 LED 光波导光电探测器单片集成器件

的方法，其特征在于，所述步骤（5）中定义的 p-电极窗口区域包括依次连接的悬空 p-电极区窗口、p-电极导电区窗口和 p-电极引线区窗口，所述 n-电极窗口区域包括相互连接的 n-电极导电区窗口和 n-电极引线区窗口。

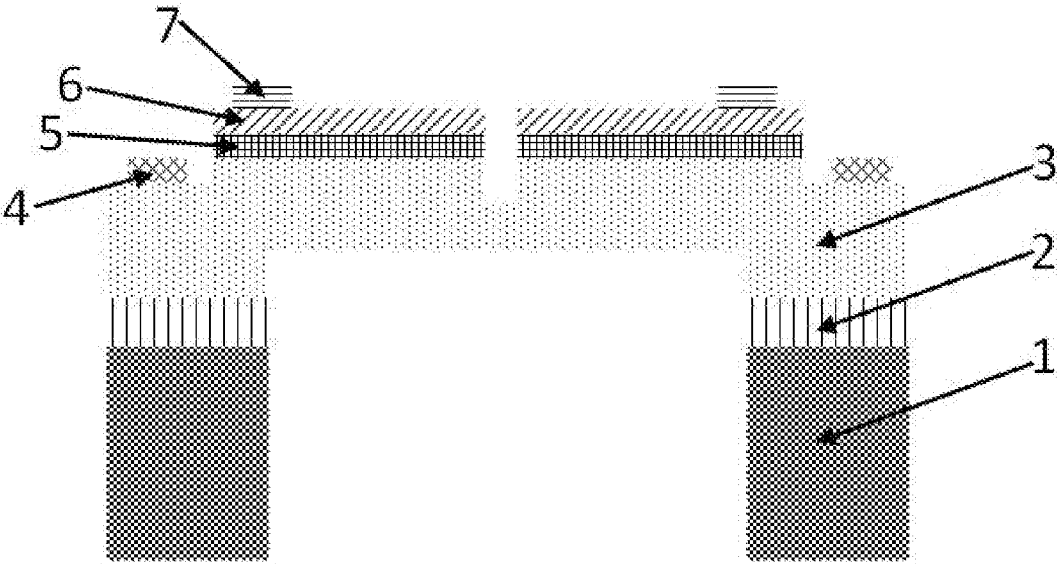


图 1

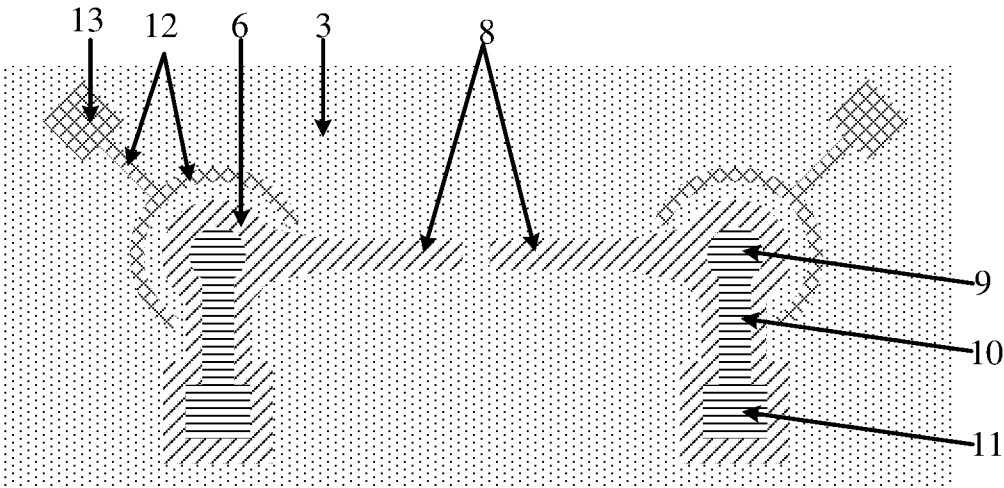


图 2

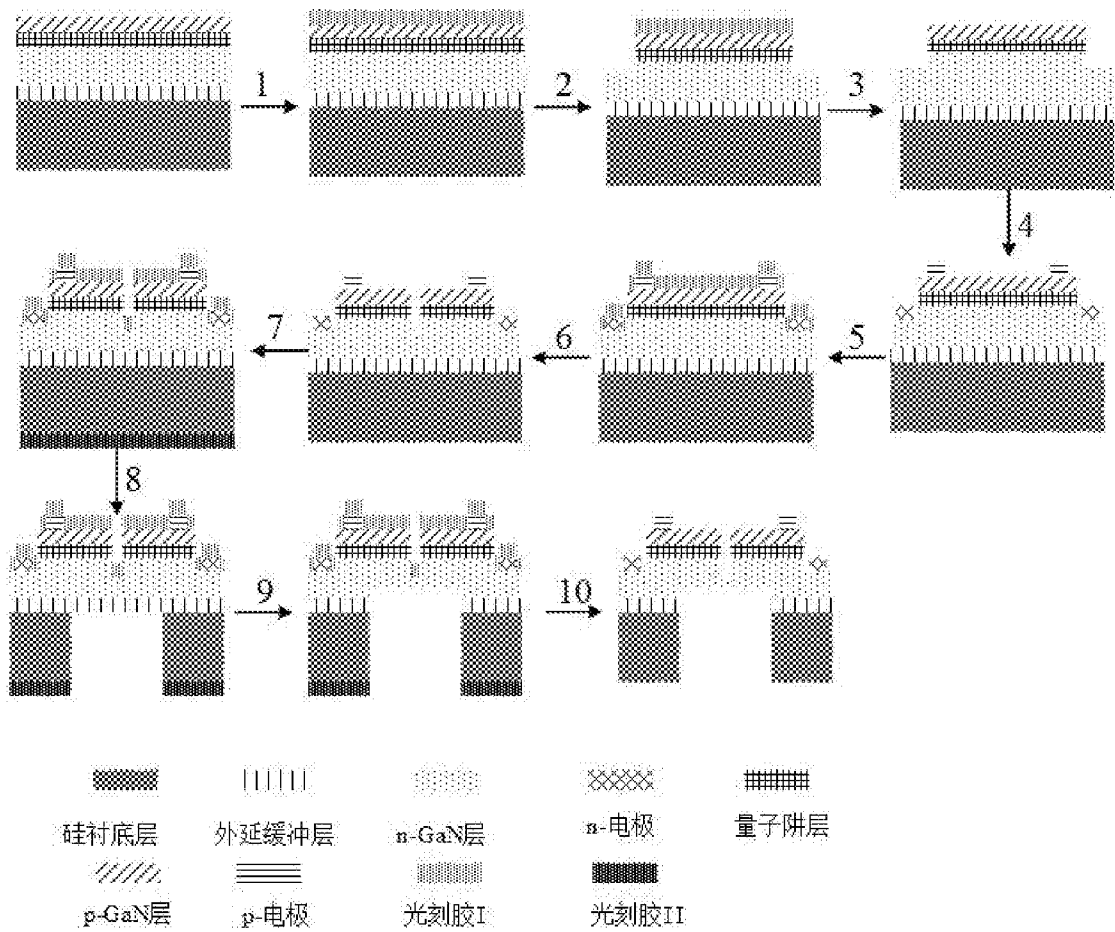


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/080091

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/122 (2006.01) i; H01L 33/02 (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)

G02B; 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, CNKI, CNPAT: hang, cavity, insulate groove, waveguid+, wave w guid+, light w emitting w diode?, led, integrat+,
photon+, si, silicon, trench+, groove?, detect +, monitor+, sensor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2015108488 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY MIT et al.) 23 July 2015 (23.07.2015) description, page 12, line 1 to page 13, line 33, and figures 6a-7	1-9
Y	CN 104065417 A (PAN, Guoxin) 24 September 2014 (24.09.2014) description, paragraphs [0022]-[0031], and figures 2 and 3	1-9
Y	CN 103779452 A (NANJING POSTS & TELECOMMUNACATION UNVERSITY) 07 May 2014 (07.05.2014) description, paragraphs [0028]-[0040]	1-9
PX	CN 105428305 A (NANJING POSTS & TELECOMMUNACATION UNVERSITY) 23 March 2016 (23.03.2016) description, paragraphs [0004]-[0023]	1-9
A	US 2013136392 A1 (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE LELAND STANFORD JU) 30 May 2013 (30.05.2013) the whole document	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 05 August 2016	Date of mailing of the international search report 26 August 2016
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer HUANG, Wanguo Telephone No. (86-10) 62413957

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/080091

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2015108488 A1	23 July 2015	TW 201539072 A	16 October 2015
CN 104065417 A	24 September 2014	None	
CN 103779452 A	07 May 2014	None	
CN 105428305 A	23 March 2016	None	
US 2013136392 A1	30 May 2013	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/080091

A. 主题的分类

G02B 6/122(2006.01)i; H01L 33/02(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)

G02B, 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, EPODOC, CNKI, CNPAT: 光导, 波导, 悬空, 腔, 硅, 发光二极管, 集成, 隔离槽, 探测, 检测, waveguid+, wave w guid+, light w emitting w diode?, led, integrat+, photon+, si, silicon, trench+, groove?, detect+, monitor+, sensor

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
Y	WO 2015108488 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY MIT等) 2015年 7月 23日 (2015 - 07 - 23) 说明书第12页第1行-第13页第33行、附图6a-7	1-9
Y	CN 104065417 A (潘国新) 2014年 9月 24日 (2014 - 09 - 24) 说明书第0022-0031段、附图2-3	1-9
Y	CN 103779452 A (南京邮电大学) 2014年 5月 7日 (2014 - 05 - 07) 说明书第0028-0040段	1-9
PX	CN 105428305 A (南京邮电大学) 2016年 3月 23日 (2016 - 03 - 23) 说明书第0004-0023段	1-9
A	US 2013136392 A1 (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE LELAND STANFORD JU) 2013年 5月 30日 (2013 - 05 - 30) 全文	1-9

☐ 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

2016年 8月 5日

国际检索报告邮寄日期

2016年 8月 26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

授权官员

黄万国

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)62413957

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/080091

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)
WO	2015108488	A1	2015年 7月 23日	TW	201539072 A 2015年 10月 16日
CN	104065417	A	2014年 9月 24日	无	
CN	103779452	A	2014年 5月 7日	无	
CN	105428305	A	2016年 3月 23日	无	
US	2013136392	A1	2013年 5月 30日	无	