



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102479899 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 30

(21) 申请号 201110373628. 2

H01L 33/00 (2010. 01)

(22) 申请日 2011. 11. 22

(30) 优先权数据

2010-261166 2010. 11. 24 JP

(71) 申请人 丰田合成株式会社

地址 日本爱知县

(72) 发明人 奥野浩司 宫崎敦嗣

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司
11227

代理人 蔡胜有 董文国

(51) Int. Cl.

H01L 33/22 (2010. 01)

H01L 33/10 (2010. 01)

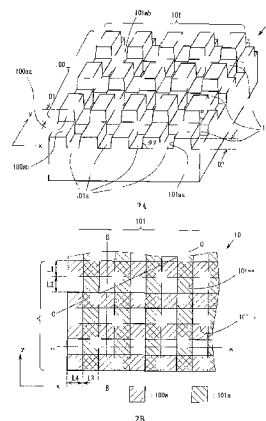
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

第 III 族氮化物半导体发光器件及其制造方法

(57) 摘要

本发明提供显示出改善的光提取性能的第 III 族氮化物半导体发光器件。所述第 III 族氮化物半导体发光器件包括：其表面上具有凹凸的蓝宝石衬底；以及在蓝宝石衬底的凹凸表面上经由缓冲层依次堆叠的 n- 型层、发光层和 p- 型层，并且其各自均由第 III 族氮化物半导体形成。凹凸具有如下结构：包括形成于蓝宝石衬底的表面上并且其条纹方向对应于 x- 轴方向的第一条纹图案凹凸；以及形成于第一条纹图案凹凸顶上和其条纹方向对应于 y- 轴方向的第二条纹图案凹凸，y- 轴方向与 x- 轴方向正交。与常规第 III 族氮化物半导体发光器件相比，包括具有上述凹凸的衬底的第 III 族氮化物半导体发光器件显示出改善的光提取性能。



1. 一种第 III 族氮化物半导体发光器件,包括:蓝宝石衬底、以及提供于所述蓝宝石衬底上并且由第 III 族氮化物半导体形成的层状结构,其中所述蓝宝石衬底在层状结构侧上的表面上具有凹凸;并且所述凹凸具有如下结构:其中在垂直于所述蓝宝石衬底的所述主表面的任何横截面中提供在水平上的一个以上差异、以及在垂直于所述蓝宝石衬底的所述主表面的特定的横截面中提供在水平上的两个以上差异。

2. 根据权利要求 1 所述的第 III 族氮化物半导体发光器件,其中所述凹凸具有如下结构,所述结构包括:形成于所述蓝宝石衬底的层状结构侧上的表面上的第一条纹图案凹凸,所述第一条纹图案凹凸包括从上面观察时设置为条纹图案并且平行于第一方向对齐的多个第一凹槽;以及形成于所述第一条纹图案凹凸顶上的第二条纹图案凹凸,所述第二条纹图案凹凸包括从上面观察时设置为条纹图案并且平行于第二方向对齐的多个第二凹槽,所述第二方向与所述第一方向不同。

3. 根据权利要求 2 所述的第 III 族氮化物半导体发光器件,其中所述第一方向与所述第二方向正交。

4. 根据权利要求 1 所述的第 III 族氮化物半导体发光器件,其中所述凹凸具有如下结构,所述结构包括:形成于所述蓝宝石衬底的层状结构侧上的表面上的条纹图案凹凸,所述条纹图案凹凸包括从上面观察时设置为条纹图案并且平行于特定方向对齐的多个凹槽;以及形成于所述条纹图案凹凸顶上的点图案凹凸,所述点图案凹凸包括从上面观察时设置为栅格图案的台面或凹陷。

5. 根据权利要求 1 所述的第 III 族氮化物半导体发光器件,其中所述凹凸具有如下结构,所述结构包括:形成于所述蓝宝石衬底的层状结构侧上的表面上的点图案凹凸,所述点图案凹凸包括从上面观察时设置为栅格图案的台面或凹陷;以及形成于所述点图案凹凸顶上的条纹图案凹凸,所述条纹图案凹凸包括从上面观察时设置为条纹图案并且平行于特定方向对齐的多个凹槽。

6. 根据权利要求 2 或权利要求 3 所述的第 III 族氮化物半导体发光器件,其中所述第一条纹图案凹凸的所述第一凹槽的深度与所述第二条纹图案凹凸的所述第二凹槽的深度不同。

7. 根据权利要求 2 或权利要求 3 所述的第 III 族氮化物半导体发光器件,其中所述第一条纹图案凹凸的所述第一凹槽的深度与所述第二条纹图案凹凸的所述第二凹槽的深度相同。

8. 根据权利要求 4 或权利要求 5 所述的第 III 族氮化物半导体发光器件,其中所述条纹图案凹凸的所述凹槽的深度与所述点图案凹凸的台面的高度或所述凹陷的深度不同。

9. 根据权利要求 4 或权利要求 5 所述的第 III 族氮化物半导体发光器件,其中所述条纹图案凹凸的所述凹槽的深度与所述点图案凹凸的台面的高度或所述凹陷的深度相同。

第 III 族氮化物半导体发光器件及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及通过在包含于器件中的蓝宝石衬底上形成凹凸来改善其光提取性能的第 III 族氮化物半导体发光器件。

背景技术

[0002] 近年来,第 III 族氮化物半导体发光器件已经开始用于一般照明应用,并已经迫切需要显示出改善的光提取性能。专利文件 1 公开了其中在蓝宝石衬底上形成凹凸来改善半导体发光器件的光提取性能的方法。在包括不具有凹凸的平坦蓝宝石衬底的半导体发光器件的情况下,沿与衬底水平的方向在器件中传播的光受限于半导体层中,并通过例如重复多次反射而衰减。与之相比,在包括具有凹凸的蓝宝石衬底的半导体发光器件的情况下,沿与衬底水平的方向在器件中传播的光可沿垂直于衬底的方向反射或散射,并可提取到外部,由此可改善光提取性能。从上面观察时,这种凹凸可具有例如条纹图案或点图案。

[0003] 专利文件 1:日本专利申请公开(特开)2003-318441

[0004] 然而,当在蓝宝石衬底上形成条纹图案凹凸时,由于沿条纹方向在水平上不存在差异,所以沿条纹传播的光可无法向上反射或散射,导致光提取性能改善不足。

[0005] 同时,即使当凹陷或台面在蓝宝石衬底上周期性地设置为从上面观察时为点图案时,在凹陷(或台面)之间必须提供适当的空间用于利用 GaN 填充凹凸和在衬底上形成平坦的 GaN 层。因此,在衬底的一些区域中,沿特定的方向在水平上没有差异,导致光提取性能改善不足。

发明内容

[0006] 鉴于以上所述,本发明的一个目的是实现显示出进一步改善的光提取性能的第 III 族氮化物半导体发光器件。

[0007] 在本发明的第一方面,提供一种第 III 族氮化物半导体发光器件,其包括:蓝宝石衬底,以及提供于蓝宝石衬底上并且由第 III 族氮化物半导体形成的层状结构,其中所述蓝宝石衬底在层状结构侧上的表面上具有凹凸;并且所述凹凸具有如下结构:其中在垂直于蓝宝石衬底的主表面的任何横截面中在水平上具有一个以上差异,以及在垂直于蓝宝石衬底的主表面的特定的横截面中在水平上具有两个以上差异。

[0008] 如本文所用的,“第 III 族氮化物半导体”包括:由式 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ ($x+y+z=1, 0 \leq x, y, z \leq 1$) 表示的半导体;其中部分 Al、Ga 或 In 被其它第 13 族元素(即 B 或 Tl)替代、或部分 N 被其它第 15 族元素(即 P、As、Sb 或 Bi)替代的这种半导体。第 III 族氮化物半导体的特定实例包括至少包含 Ga 的那些,例如 GaN、InGaN、AlGaInN 和 AlGaInN。通常,使用 Si 作为 n- 型杂质,使用 Mg 作为 p- 型杂质。

[0009] 对提供于蓝宝石衬底上的凹凸的结构没有特定限制,只要如上所述在垂直于蓝宝石衬底的主表面的任何横截面中提供在水平上的一个以上差异、在垂直于蓝宝石衬底的主表面的特定横截面中提供在水平上的两个以上差异即可。例如,衬底的凹凸可具有包括第

一条纹图案凹凸和提供于第一条纹图案凹凸顶部的第二条纹图案凹凸的结构,其中第一条纹图案凹凸的条纹方向(第一方向)不同于第二条纹图案凹凸的条纹方向(第二方向)。沿垂直于条纹方向的横截面观察时,第一条纹图案凹凸和第二条纹图案凹凸可在例如凹陷(或台面)的间距、凹陷的深度、凹陷(或台面)的侧表面和蓝宝石衬底的主表面之间的角度、或凹陷(或台面)的形状上彼此不同。

[0010] 从改善光提取性能的观点看,第一方向和第二方向之间的角度优选 $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$,更优选 90° 。而且,从改善光提取性能的观点看,优选条纹图案凹凸的凹陷(或台面)的侧表面相对于蓝宝石衬底倾斜 $40^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。

[0011] 衬底的凹凸的结构的其他实例如下。例如,衬底的凹凸可具有包括条纹图案凹凸、以及提供于条纹图案凹凸顶上的点图案凹凸的结构,其中点图案凹凸包括以栅格图案设置的多个凹陷或台面。点图案凹凸的凹陷或台面可为例如截断的金字塔形、截断的锥形、棱形、圆柱形、金字塔形、锥形或半球形。点图案凹凸的凹陷或台面可设置为栅格图案(例如四角形或三角形栅格图案)。或者,衬底的凹凸可具有包括点图案凹凸、以及提供于点图案凹凸顶上的条纹图案凹凸的结构,其中点图案凹凸包括以栅格图案设置的多个凹陷或台面。点图案凹凸的凹陷(或台面)的侧表面优选相对于蓝宝石衬底的主表面倾斜 $40^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。当角度落入上述范围内时,可进一步改善光提取性能。

[0012] 本发明的第二方面涉及根据本发明第一方面的第 III 族氮化物半导体发光器件的一个特定实施方案,其中凹凸具有如下结构,所述结构包括:形成于蓝宝石衬底的层状结构侧上的表面上的第一条纹图案凹凸,第一条纹图案凹凸包括从上面观察时设置为条纹图案并且平行于第一方向对齐的多个第一凹槽;以及形成于第一条纹图案凹凸顶上的第二条纹图案凹凸,第二条纹图案凹凸包括从上面观察时设置为条纹图案并且平行于第二方向对齐的多个第二凹槽,第二方向不同于第一方向。

[0013] 本发明的第三方面涉及根据本发明第二方面的第 III 族氮化物半导体发光器件的一个特定实施方案,其中第一方向与第二方向正交。

[0014] 本发明的第四方面涉及根据本发明第一方面的第 III 族氮化物半导体发光器件的一个特定实施方案,其中凹凸具有如下结构,所述结构包括:形成于蓝宝石衬底的层状结构侧上的表面上的条纹图案凹凸,条纹图案凹凸包括从上面观察时设置为条纹图案并且平行于特定方向对齐的多个凹槽;和形成于条纹图案凹凸顶上的点图案凹凸,点图案凹凸包括从上面观察时设置为栅格图案的台面或凹陷。

[0015] 本发明的第五方面涉及根据本发明第一方面的第 III 族氮化物半导体发光器件的一个特定实施方案,其中凹凸具有如下结构,所述结构包括:形成于蓝宝石衬底的层状结构侧上的表面上的点图案凹凸,点图案凹凸包括从上面观察时设置为栅格图案的台面或凹陷;和形成于点图案凹凸顶上的条纹图案凹凸,条纹图案凹凸包括从上面观察时设置为条纹图案并且平行于特定方向对齐的多个凹槽。

[0016] 根据本发明,由于蓝宝石衬底的凹凸显示出将器件中沿任何方向传播的光进行反射的效果,所以可进一步改善光提取性能。

附图说明

[0017] 由于结合附图考虑时,通过参考以下优选实施方案的详细描述,本发明的各种其

它目的、特征和许多伴随的优势变得更好理解,所以可以容易地了解本发明。

[0018] 图 1 显示根据实施方案 1 的第 III 族氮化物半导体发光器件的结构;

[0019] 图 2A 和 2B 显示在蓝宝石衬底 10 的上表面上形成的凹凸;

[0020] 图 3A 和 3B 为显示在蓝宝石衬底 10 的上表面上形成凹凸的过程的草图;和

[0021] 图 4A 和 4B 为显示制造根据实施方案 1 的第 III 族氮化物半导体发光器件的方法的草图;和

[0022] 图 5 为另一凹凸的顶视图。

具体实施方式

[0023] 以下将参考附图描述本发明的一个特定实施方案。然而,本发明不限于所述实施方案。

[0024] 实施方案 1

[0025] 图 1 显示根据实施方案 1 的第 III 族氮化物半导体发光器件的结构。根据实施方案 1 的第 III 族氮化物半导体发光器件包括:其表面上具有凹凸的蓝宝石衬底 10;以及在蓝宝石衬底 10 的凹凸表面上经由缓冲层(未示出)依次沉积的 n- 型层 11、发光层 12 和 p- 型层 13,并且其各自均由第 III 族氮化物半导体形成。本发明的层状结构对应于包括 n- 型层 11、发光层 12 和 p- 型层 13 的结构。移除部分发光层 12 和部分 p- 型层 13,暴露出 n- 型层 11 的表面的对应部分。在 n- 型层 11 的表面的暴露部分上形成 n- 电极 14。在 p- 型层 13 的几乎整个上表面上形成 ITO 透明电极 15,并在透明电极 15 上形成 p- 电极 16。根据实施方案 1 的第 III 族氮化物半导体发光器件为面上型。

[0026] n- 型层 11、发光层 12 和 p- 型层 13 中的每个均可具有任何常规已知的结构。例如,n- 型层 11 具有其中在蓝宝石衬底 10 上依次沉积以高浓度掺杂有 Si 的 GaN n- 型接触层、和 GaN n- 覆层的结构。例如,发光层 12 具有其中 GaN 势垒层和 InGaN 阱层交替沉积的 MQW 结构。例如,p- 型层 13 具有其中在发光层 12 上依次沉积掺杂有 Mg 的 AlGaN p- 覆层和掺杂有 Mg 的 GaN p- 接触层的结构。

[0027] 图 2A 是在蓝宝石衬底 10 的上表面上形成的凹凸的透视图,图 2B 为蓝宝石衬底 10 的顶视图。如图 2A 和 2B 所示,在蓝宝石衬底 10 的上表面上形成第一条纹图案凹凸 100,并在第一条纹图案凹凸 100 顶上形成第二条纹图案凹凸 101。

[0028] 第一条纹图案凹凸 100 包括多个第一凹槽 100a,其以规则间距设置并平行于特定方向(即,图 2 中的 x- 轴方向,对应于本发明的第一方向)。优选地,各第一凹槽 100a 的宽度 L1 为 $0.1\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$,相邻第一凹槽 100a 之间的距离 L2 为 $0.1\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 。这是因为,当宽度 L1 和距离 L2 落入上述范围内,可进一步改善光提取性能。更优选地,宽度 L1 为 $0.1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$,距离 L2 为 $0.1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 。优选地,第一凹槽 100a 的各侧表面 100aa 和蓝宝石衬底 10 的主表面之间的角度 θ_1 为 $40^\circ \sim 80^\circ$ 。这是因为,当角度 θ_1 落入上述范围内,可进一步改善光提取性能。更优选地,角度 θ_1 为 $50^\circ \sim 70^\circ$ 。优选地,各第一凹槽 100a 的深度 D1 为 $0.1\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ 。这是因为,当深度 D1 落入上述范围内时,可进一步改善光提取性能。更优选地,深度 D1 为 $0.5\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ 。

[0029] 第二条纹图案凹凸 101 包括多个第二凹槽 101a,其以规则间距设置并平行于与 x- 轴方向正交的方向(即,图 2 中的 y- 轴方向,对应于本发明的第二方向)。在第二凹槽

101a 的下表面上,沿第一条纹图案凹凸 100 提供凹陷或台面。优选地,各第二凹槽 101a 的宽度 $L3$ 为 $0.1\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$,相邻第二凹槽 101a 之间的距离 $L4$ 为 $0.1\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 。这是因为,当宽度 $L3$ 和距离 $L4$ 落入上述范围内,可进一步改善光提取性能。更优选地,宽度 $L3$ 为 $0.1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$,距离 $L4$ 为 $0.1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 。优选地,第二凹槽 101a 的各个侧表面 101aa 和蓝宝石衬底 10 的主表面之间的角度 $\theta 2$ 为 $40^\circ \sim 80^\circ$ 。这是因为,当角度 $\theta 2$ 落入上述范围内,可进一步改善光提取性能。更优选地,角度 $\theta 2$ 为 $50^\circ \sim 70^\circ$ 。优选地,各第二凹槽 101a 的深度 $D2$ 为 $0.1\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ 。这是因为,当深度 $D2$ 落入上述范围内,可进一步改善光提取性能。更优选地,深度 $D2$ 为 $0.5\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ 。各第一凹槽 100a 的深度 $D1$ 可与各第二凹槽 101a 的深度 $D2$ 相同或不同。而且,各第一凹槽 100a 的宽度 $L1$ 可与各第二凹槽 101a 的宽度 $L3$ 相同或不同,相邻第一凹槽 100a 之间的距离 $L2$ 可与相邻第二凹槽 101a 之间的距离 $L4$ 相同或不同。同时,角度 $\theta 1$ 可与角度 $\theta 2$ 相同或不同。

[0030] 第一条纹图案凹凸 100 的条纹方向(即 x 轴方向)与第二条纹图案凹凸 101 的条纹方向(即 y -轴方向)正交,但是这些条纹方向不必彼此正交。当第一条纹图案凹凸 100 的条纹方向相对于第二条纹图案凹凸 101 的条纹方向倾斜 $30^\circ \sim 150^\circ$ 时,可改善光提取性能。然而,最优选这些条纹方向彼此正交,如本实施方案中所述。

[0031] 在提供于蓝宝石衬底 10 上的凹凸中,在垂直于衬底的主表面的任何横截面中提供在水平上的一个以上差异,在垂直于衬底的主表面的特定横截面中提供在水平上的两个以上差异。例如,在沿平行于 x -轴方向的线 A-A 截取的横截面中,第一条纹图案凹凸 100 没有提供在水平上的差异,但是第二条纹图案凹凸 101 提供在水平上的一个差异。在沿平行于 y -轴方向的线 B-B 截取的横截面中,第二条纹图案凹凸 101 没有提供在水平上的差异,但是第一条纹图案凹凸 100 提供在水平上的一个差异。同时,在沿图 2 中所示的线 C-C 截取的横截面中,第一条纹图案凹凸 100 和第二条纹图案凹凸 101 提供在水平上的三个差异。

[0032] 当如上所述形成凹凸时,利用第一条纹图案凹凸 100 或第二条纹图案凹凸 101 提供的水平上的差异,在器件中沿平行于蓝宝石衬底 10 的主表面方向传播的光可沿任何方向被无规地反射,由此反射的光可在光提取侧(即在 n -电极 14 侧或 p -电极 16 侧)上被提取。因此,与常规的第 III 族氮化物半导体发光器件相比,根据实施方案 1 的第 III 族氮化物半导体发光器件显示出改善的光提取性能。

[0033] 然后,将参考图 3 和 4 描述根据实施方案 1 的第 III 族氮化物半导体发光器件的制造方法。

[0034] 现在将描述凹凸在蓝宝石衬底 10 上的形成。首先,如图 3A 所示,通过光刻和干蚀刻在蓝宝石衬底 10 的上表面上形成第一条纹图案凹凸 100,使得平行于 x -轴方向的第一凹槽 100a 以特定的间距周期性地设置。

[0035] 然后,如图 3B 所示,通过光刻在提供于蓝宝石衬底 10 的上表面上的第一条纹图案凹凸 100 上形成条纹图案光掩模 103,使得光掩模的开口(沿 x -轴方向)以特定间距并且平行于与 x -轴方向正交的 y 轴方向周期性地设置。然后,对蓝宝石衬底 10 的上表面的未覆盖有光掩模 103 的部分进行干蚀刻,然后移除光掩模 103,以由此在蓝宝石衬底 10 的上表面上形成图 2 中所示的凹凸。

[0036] 当通过如上所述的不同的两个工艺对蓝宝石衬底 10 的上表面进行干蚀刻时,可防止由此形成的台面的边缘变圆,并可以以高精度形成凹凸。

[0037] 随后,进行热清洗以恢复由于形成上述凹凸或从蓝宝石衬底 10 的表面移除杂质而导致的蓝宝石衬底 10 的损坏。热清洗对应于例如在 $1000^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$ 下氢气气氛中的热处理。

[0038] 然后,在如上所述其上已形成凹凸的蓝宝石衬底 10 上,通过 MOCVD 经由 AlN 缓冲层(未示出)依次形成 n- 型层 11、发光层 12 和 p- 型层 13(图 4A)。MOCVD 使用的原料气体等如下:氨 (NH_3) 作为氮源,三甲基镓 ($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$) 作为 Ga 源,三甲基铟 ($\text{In}(\text{CH}_3)_3$) 作为 In 源,三甲基铝 ($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$) 作为 Al 源,硅烷 (SiH_4) 作为 n- 型掺杂气体,环戊二烯基镁 ($\text{Mg}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$) 作为 p- 型掺杂气体, H_2 或 N_2 作为载气。

[0039] 然后,通过干蚀刻移除部分 p- 型层 13 和部分发光层 12,以由此暴露出 n- 型层 11 表面的对应部分(图 4B)。然后,在 p- 型层 13 的几乎整个上表面上形成透明电极 15;在 n- 型层 11 表面的由此暴露的部分上形成 n- 电极 14;和在透明电极 15 上形成 p- 电极 16。由此,制造根据实施方案 1 的第 III 族氮化物半导体发光器件。

[0040] 在实施例 1-1 ~ 1-6 中,通过改变形成第一条纹图案凹凸 100 的各第一凹槽 100a 的宽度 L1、距离 L2 和深度 D1、以及各侧表面 100aa 的角度 θ_1 ,形成第二条纹图案凹凸 101 的各第二凹槽 101a 的宽度 L3、距离 L4 和深度 D2、以及各侧表面 101aa 的角度 θ_2 ,制造对应于实施方案 1 的第 III 族氮化物半导体发光器件的器件。L1、L2、L3 和 L4 为与蓝宝石衬底 10 的接触面上的值。将由此制造的器件与对比例 1 和 2 的器件就沿垂直于器件主表面的方向上的光输出(轴向光输出)进行比较。对比例 1 或 2 对应于其中在蓝宝石衬底的上表面上形成凹凸的情形,使得以三角形栅格图案设置多个截断的锥形台面(各台面直径: $3\mu\text{m}$,相邻台面之间的距离: $2\mu\text{m}$)。对比例 1 对应于其中各台面的侧表面相对于蓝宝石衬底的主表面倾斜 80° 的情况,各台面的高度为 $0.7\mu\text{m}$ 。对比例 2 对应于其中各台面的侧表面相对于蓝宝石衬底的主表面倾斜 60° 的情况,各台面的高度为 $1.4\mu\text{m}$ 。台面的直径和相邻台面之间的距离为与蓝宝石衬底的接触面上的值。对比例 2 的器件的轴向光输出为对比例 1 的器件的轴向光输出的 1.11 倍。

[0041] [实施例 1-1]

[0042] 各第一凹槽 100a 的宽度 L1、距离 L2 和深度 D1 分别调节为 $2\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 和 $0.7\mu\text{m}$;各侧表面 100aa 的角度 θ_1 调节为 80° ;各第二凹槽 101a 的宽度 L3、距离 L4 和深度 D2 分别调节为 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 和 $0.7\mu\text{m}$;各侧表面 101aa 的角度 θ_2 调节为 80° 。测量由此制造的器件的轴向光输出并且发现其为对比例 1 的器件的轴向光输出的 1.19 倍。

[0043] [实施例 1-2]

[0044] 各第一凹槽 100a 的宽度 L1、距离 L2 和深度 D1 分别调节为 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 和 $0.7\mu\text{m}$;各侧表面 100aa 的角度 θ_1 调节为 80° ;各第二凹槽 101a 的宽度 L3、距离 L4 和深度 D2 分别调节为 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 和 $0.7\mu\text{m}$;各侧表面 101aa 的角度 θ_2 调节为 80° 。测量由此制造的器件的轴向光输出并且发现其为对比例 1 的器件的轴向光输出的 1.17 倍。

[0045] [实施例 1-3]

[0046] 各第一凹槽 100a 的宽度 L1、距离 L2 和深度 D1 分别调节为 $2\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 和 $1.4\mu\text{m}$;各侧表面 100aa 的角度 θ_1 调节为 60° ;各第二凹槽 101a 的宽度 L3、距离 L4 和深度 D2 分别调节为 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 和 $0.7\mu\text{m}$;各侧表面 101aa 的角度 θ_2 调节为 80° 。测量由此制造的器件的轴向光输出并且发现其为对比例 1 的器件的轴向光输出的 1.29 倍。

[0047] [实施例 1-4]

[0048] 各第一凹槽 100a 的宽度 L1、距离 L2 和深度 D1 分别调节为 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 和 $1.4\mu\text{m}$ ；各侧表面 100aa 的角度 θ_1 调节为 60° ；各第二凹槽 101a 的宽度 L3、距离 L4 和深度 D2 分别调节为 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 和 $0.7\mu\text{m}$ ；各侧表面 101aa 的角度 θ_2 调节为 80° 。测量由此制造的器件的轴向光输出并且发现其为对比例 1 的器件的轴向光输出的 1.29 倍。

[0049] [实施例 1-5]

[0050] 各第一凹槽 100a 的宽度 L1、距离 L2 和深度 D1 分别调节为 $2\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 和 $0.7\mu\text{m}$ ；各侧表面 100aa 的角度 θ_1 调节为 80° ；各第二凹槽 101a 的宽度 L3、距离 L4 和深度 D2 分别调节为 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 和 $1.4\mu\text{m}$ ；各侧表面 101aa 的角度 θ_2 调节为 60° 。测量由此制造的器件的轴向光输出并且发现其为对比例 1 的器件的轴向光输出的 1.34 倍。

[0051] [实施例 1-6]

[0052] 各第一凹槽 100a 的宽度 L1、距离 L2 和深度 D1 分别调节为 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 和 $0.7\mu\text{m}$ ；各侧表面 100aa 的角度 θ_1 调节为 80° ；各第二凹槽 101a 的宽度 L3、距离 L4 和深度 D2 分别调节为 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 和 $1.4\mu\text{m}$ ；各侧表面 101aa 的角度 θ_2 调节为 60° 。测量由此制造的器件的轴向光输出并且发现其为对比例 1 的器件的轴向光输出的 1.28 倍。

[0053] 因此, 实施例 1-1 ~ 1-6 的各器件显示出高于对比例 1 或 2 的器件的轴向光输出。

[0054] 在如上所述的实施方案中, 第一条纹图案的第一凹槽的深度可与第二条纹图案凹凸的第二凹槽的深度不同。而且, 第一条纹图案的第一凹槽的深度可与第二条纹图案凹凸的第二凹槽的深度相同。

[0055] 提供于蓝宝石衬底 10 上的凹凸不限于实施方案 1 中所述的那些。凹凸可具有任何结构, 只要在垂直于蓝宝石衬底 10 的主表面的任何横截面中提供水平上的一个以上差异, 在垂直于蓝宝石衬底 10 的主表面的特定横截面中提供水平上的两个以上差异即可。例如, 凹凸可具有如图 5 的平面图中所示的图案。图 5 中所示的凹凸具有: 包括条纹图案凹凸 200 和形成于条纹图案凹凸 200 顶上的点图案凹凸 201 的结构, 其中点图案凹凸 201 包括设置为三角形栅格图案的台面或凹陷; 或包括点图案凹凸 201 和形成于点图案凹凸 201 顶上的条纹图案凹凸 200 的结构。与实施方案 1 的情形类似, 包括其表面上具有这种凹凸的蓝宝石衬底 10 的第 III 族氮化物半导体发光器件显示出改善的光提取性能。

[0056] 根据实施方案 1 的第 III 族氮化物半导体发光器件为面上型。然而, 本发明也可应用于倒装芯片器件。

[0057] 本发明的第 III 族氮化物半导体发光器件可用于例如显示设备或照明设备。

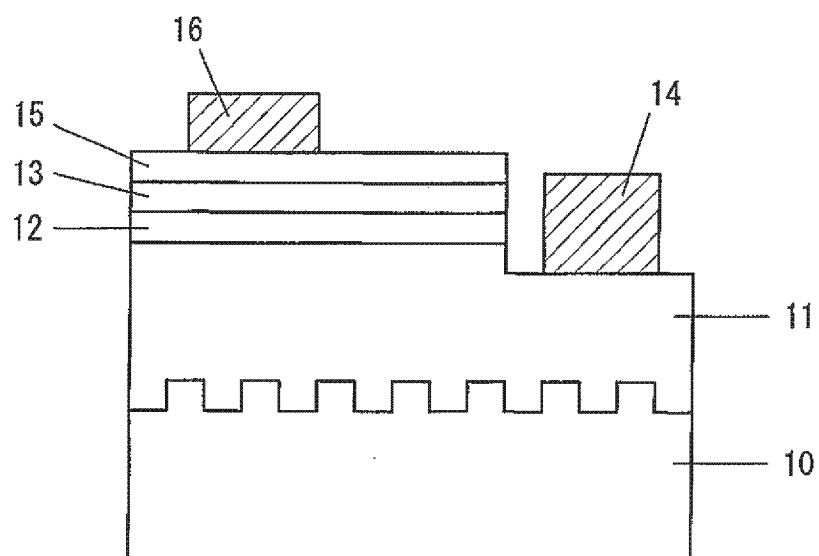


图 1

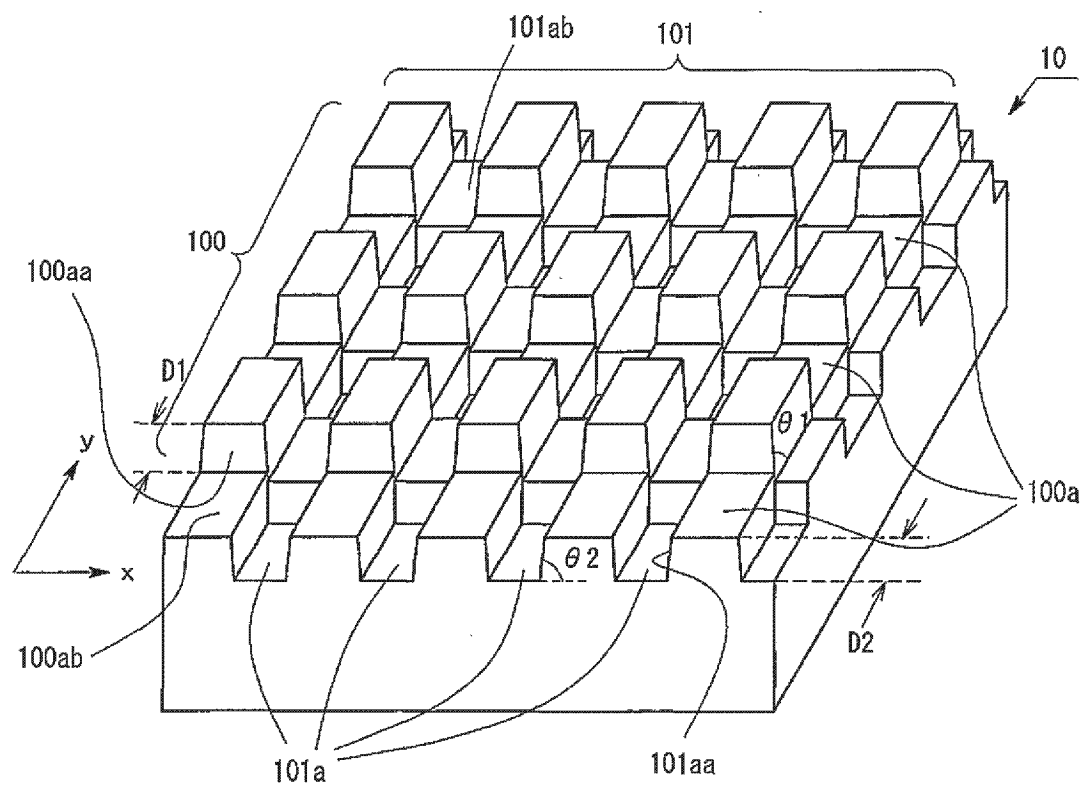


图 2A

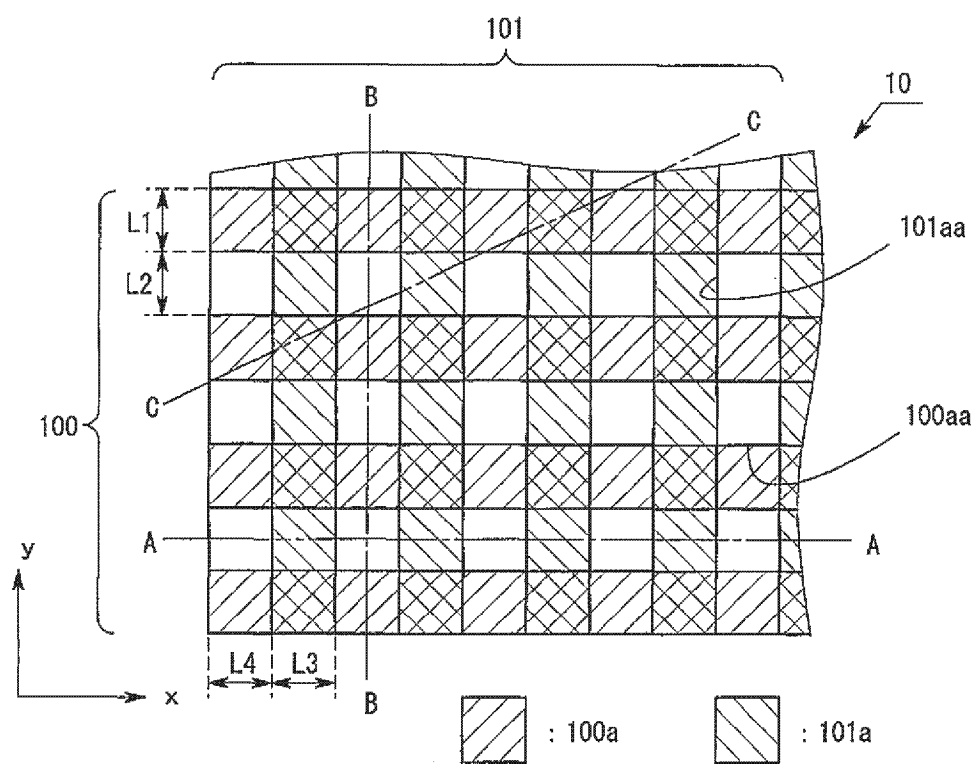


图 2B

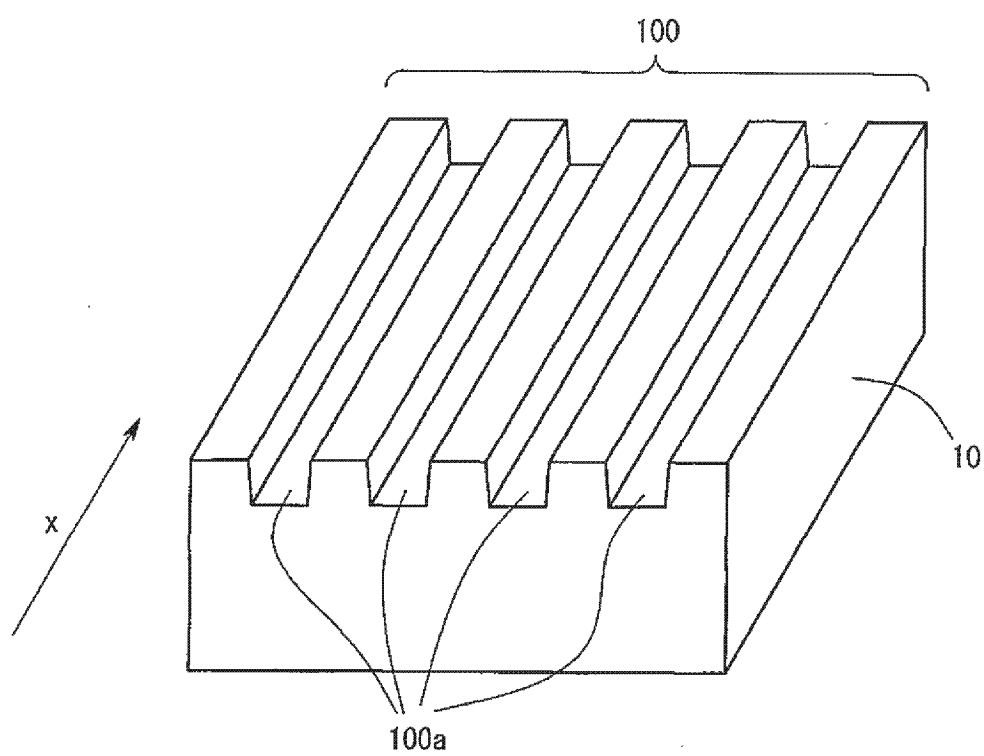


图 3A

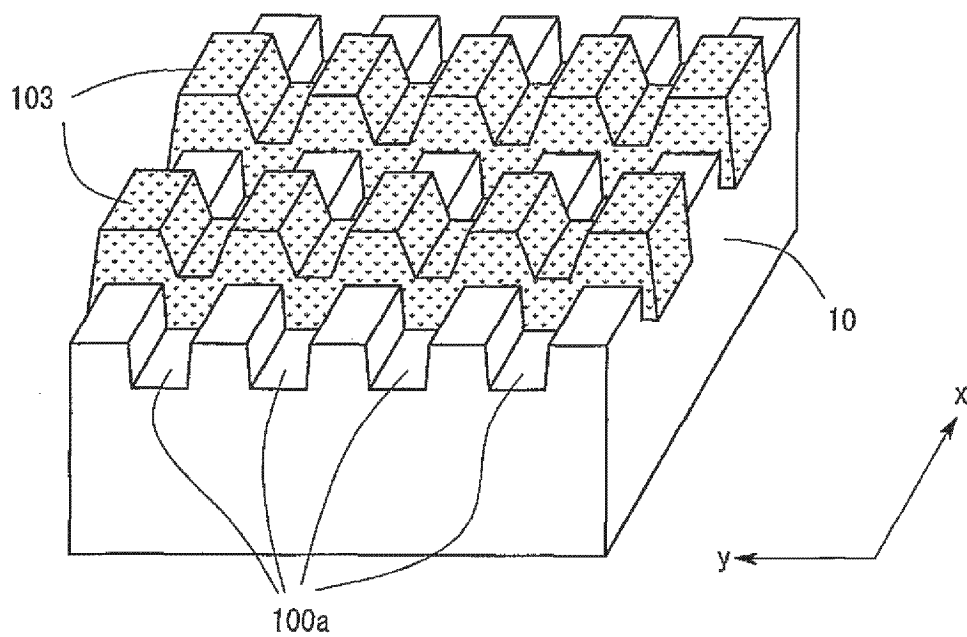


图 3B

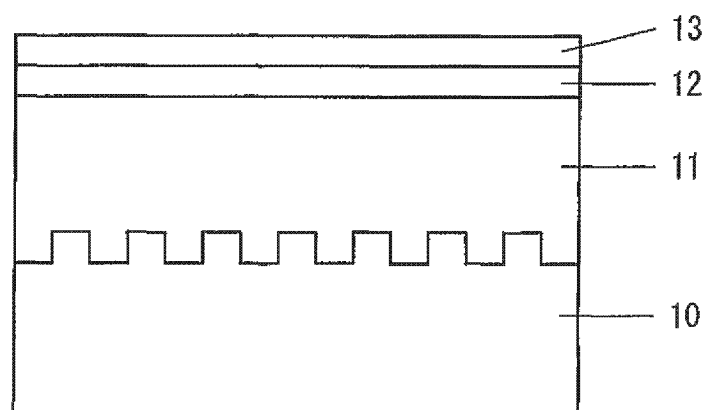


图 4A

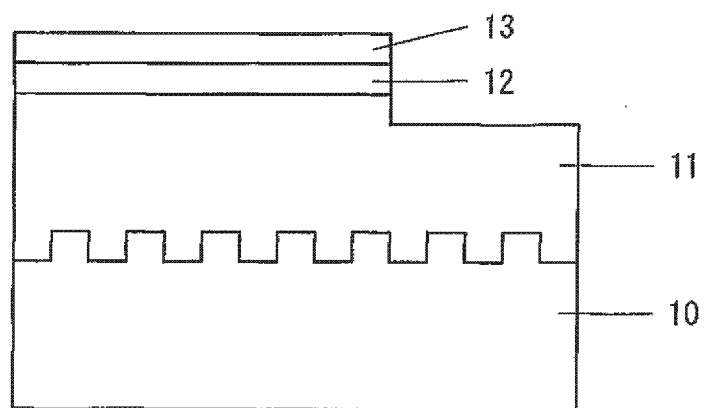


图 4B

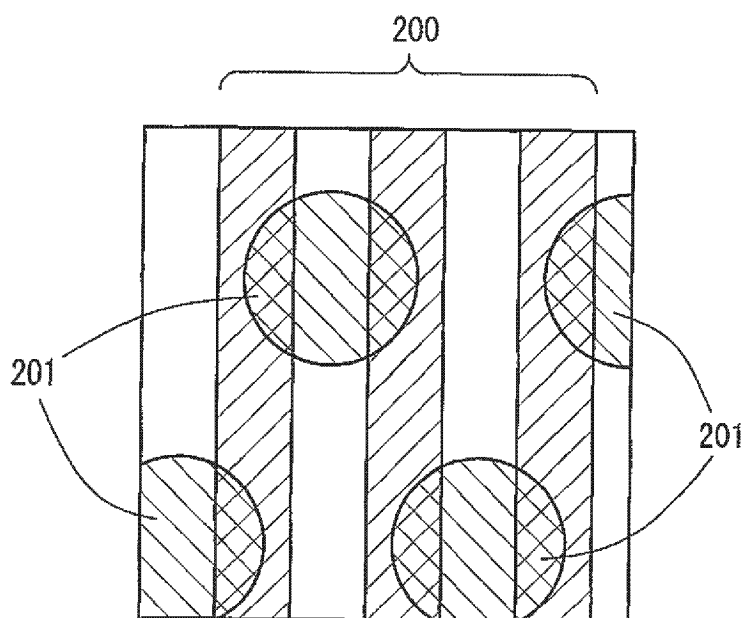


图 5