



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117795796 A

(43) 申请公布日 2024. 03. 29

(21) 申请号 202280054354.7

(22) 申请日 2022.07.25

(30) 优先权数据

2021-127606 2021.08.03 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.02.02

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/028640 2022.07.25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/013457 JA 2023.02.09

(71) 申请人 斯坦雷电气株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 仓本大

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

专利代理师 徐敏刚 师玮

(51) Int.Cl.

H01S 5/183 (2006.01)

H01S 5/343 (2006.01)

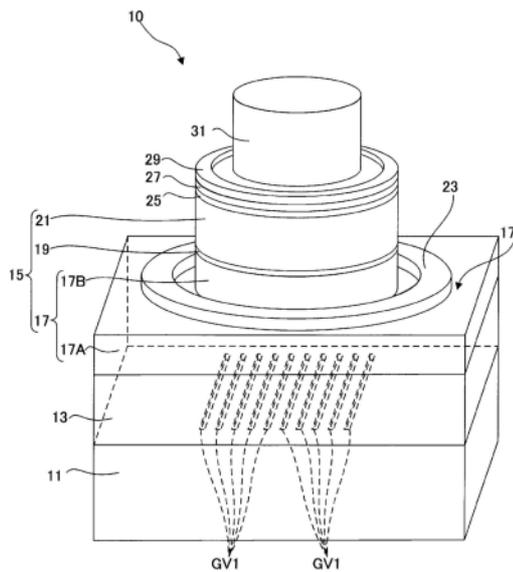
权利要求书1页 说明书13页 附图8页
按照条约第19条修改的权利要求书1页
按照条约第19条修改的声明或说明1页

(54) 发明名称

垂直谐振器型发光元件

(57) 摘要

提供了一种能够稳定地发射特定偏振方向的光的垂直谐振器型发光元件。根据本发明的垂直谐振器型发光元件的特征在于具有：氮化镓基半导体基板；形成在该基板上的第一多层膜反射镜；半导体结构层，其包括形成在该第一多层膜反射镜上并具有第一导电类型的一个半导体层、形成在第一半导体层上的活性层以及形成在该活性层上并具有与第一导电类型相反的第二导电类型的第二半导体层；第二多层膜反射镜，其形成在半导体结构层上并与第一多层膜反射镜一起形成谐振器；电流限制结构，其形成在第一多层膜反射镜与第二多层膜反射镜之间，并将电流会聚到活性层的一个区域。垂直谐振器型发光元件的特征还在于，在从体基板顶面法线方向观察时，在与所述一个区域重叠的区域中形成有包括彼此平行的多个狭缝结构的衍射光栅。



1. 一种垂直谐振器型发光元件,所述垂直谐振器型发光元件包括:
氮化镓基半导体基板;
由形成在所述基板上的氮化物半导体制成的第一多层膜反射镜;
半导体结构层,所述半导体结构层包括第一半导体层、活性层和第二半导体层,所述第一半导体层由形成在所述第一多层膜反射镜上的具有第一导电类型的氮化物半导体制成,所述活性层由形成在所述第一半导体层上的氮化物半导体制成,所述第二半导体层形成在所述活性层上并且由具有与所述第一导电类型相反的第二导电类型的氮化物半导体制成;
第二多层膜反射镜,所述第二多层膜反射镜形成在所述半导体结构层上,所述第二多层膜反射镜与所述第一多层膜反射镜构成谐振器;以及
电流限制结构,所述电流限制结构形成在所述第一多层膜反射镜与所述第二多层膜反射镜之间以将电流集中在所述活性层的一个区域中,其中,
当从所述氮化镓基半导体基板的上表面的法线方向观察时,在与所述一个区域重叠的区域中形成衍射光栅,所述衍射光栅由彼此平行的多个狭缝结构制成。
2. 根据权利要求1所述的垂直谐振器型发光元件,其中,
所述多个狭缝结构形成在所述第一多层膜反射镜与所述第二多层膜反射镜之间。
3. 根据权利要求1所述的垂直谐振器型发光元件,其中,
所述多个狭缝结构中的各狭缝结构是形成在所述基板的背面上的凹陷部分。
4. 根据权利要求1至3中的任一项所述的垂直谐振器型发光元件,其中,
所述氮化镓基半导体基板的所述上表面是从C面向M面或A面的晶面偏移的表面,并且在所述上表面向所述M面偏移的情况下,所述多个狭缝结构中的各狭缝结构在m轴方向上延伸,并且在所述上表面向所述A面偏移的情况下,所述多个狭缝结构中的各狭缝结构在a轴方向上延伸。
5. 根据权利要求4所述的垂直谐振器型发光元件,其中,
在所述上表面向所述M面偏移的情况下,所述氮化镓基半导体基板的所述上表面是从所述C面向所述M面偏移 0.8° 或更小的角度的表面,并且在所述上表面向所述A面偏移的情况下,所述氮化镓基半导体基板的所述上表面是从所述C面向所述A面偏移 0.8° 或更小的角度的表面。
6. 根据权利要求4或5所述的垂直谐振器型发光元件,其中,
所述氮化镓基半导体基板是条形芯基板,并且在所述上表面向所述M面偏移的情况下,所述氮化镓基半导体基板的芯延伸的方向是沿着所述m轴的方向,并且在所述上表面向所述M面偏移的情况下,所述氮化镓基半导体基板的芯延伸的方向是沿着所述a轴的方向。
7. 根据权利要求1至6中的任一项所述的垂直谐振器型发光元件,其中,
当从所述氮化镓基半导体基板的所述上表面的法线方向观察时,所述氮化镓基半导体基板的所述下表面的与所述一个区域重叠的区域具有向下凸起的凸透镜形状。

垂直谐振器型发光元件

技术领域

[0001] 本发明涉及垂直谐振器型发光元件,例如垂直谐振器型表面发射激光器(VCSEL)。

背景技术

[0002] 传统上,作为半导体激光器中的一种,已知一种垂直谐振器型半导体表面发射激光器(以下也简称为表面发射激光器),其包括通过施加电压而发射光的半导体层和彼此相对的多层膜反射镜,半导体层插入其间。例如,专利文献1公开了一种垂直谐振器型半导体激光器,其具有分别连接到n型半导体层和p型半导体层的n电极和p电极。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:特开2017-98328号公报

发明内容

[0006] 本发明要解决的问题

[0007] 例如,在诸如表面发射激光器的垂直谐振器型发光元件中,用相对的反射镜形成光学谐振器。例如,在表面发射激光器中,通过经由电极向半导体层施加电压,从半导体层发射的光在光学谐振器中谐振以产生激光。

[0008] 然而,作为问题的示例,例如,垂直谐振器型半导体激光器元件的发光效率低于在包括活性层的半导体层的面内方向上具有谐振器的水平谐振器型半导体激光器的发光效率。

[0009] 从使用GaN基基板的垂直谐振器型半导体激光器元件发射的光通常被椭圆偏振,或具有不同偏振方向的线偏振的。在操作期间难以稳定偏振方向,例如,偏振方向依赖于驱动电流和操作温度的变化而变化。

[0010] 本发明是鉴于上述问题而完成的,其目的在于提供一种发光效率高、能够稳定地发出特定偏振方向的光的垂直谐振器型发光元件。

[0011] 解决问题的方案

[0012] 根据本发明的垂直谐振器型发光元件包括:氮化镓基半导体基板;由形成在所述基板上的氮化物半导体制成的第一多层膜反射镜;半导体结构层,包括第一半导体层、活性层和第二半导体层,所述第一半导体层由形成在所述第一多层膜反射镜上的具有第一导电类型的氮化物半导体制成,所述活性层由形成在所述第一半导体层上的氮化物半导体制成,所述第二半导体层形成在所述活性层上并且由具有与所述第一导电类型相反的第二导电类型的氮化物半导体制成;形成在所述半导体结构层上的第二多层膜反射镜,所述第二多层膜反射镜与所述第一多层膜反射镜构成谐振器;以及电流限制结构,其形成在所述第一多层膜反射镜和所述第二多层膜反射镜之间以将电流集中在所述活性层的一个区域中,其中当从所述氮化镓基半导体基板的上表面的法线方向观察时,在与所述一个区域重叠的区域中形成由彼此平行的多个狭缝结构制成的衍射光栅。

附图说明

- [0013] 图1是根据第一实施方式的表面发射激光器的透视图。
[0014] 图2是根据第一实施方式的表面发射激光器的顶视图。
[0015] 图3是根据第一实施方式的表面发射激光器的截面图。
[0016] 图4是根据第二实施方式的表面发射激光器的截面图。
[0017] 图5是根据第三实施方式的表面发射激光器的截面图。
[0018] 图6是根据第四实施方式的表面发射激光器的截面图。
[0019] 图7是根据第五实施方式的表面发射激光器的截面图。
[0020] 图8是根据修改示例的表面发射激光器的截面图。

具体实施方式

[0021] 下面说明本发明的实施方式。虽然在下面的描述中,将使用半导体表面发射激光器元件作为示例进行描述,但是本发明不仅适用于表面发射激光器,而且适用于各种垂直谐振器型发光元件,例如垂直谐振器型发光二极管。

[0022] 实施方式1

[0023] 图1是根据实施方式1的垂直谐振器型表面发射激光器 (VCSEL, 以下也简称为表面发射激光器) 10的透视图。

[0024] 基板11是氮化镓基半导体基板,例如GaN基板。基板11例如是具有矩形上表面形状的基板。基板11是无芯基板,其被制造成使得位错均匀分布在其上,并且不形成作为位错缺陷的聚集体的芯。

[0025] 基板11的上表面是在M面方向上从C面偏移 0.5° 的表面。基板11的上表面在A面方向上几乎不从C面偏移,并且在A面方向上从C面偏移的角度为 $0 \pm 0.01^\circ$ 。

[0026] 在包括基板11的上表面的中心部分的区域中,形成狭缝槽GV1。狭缝槽GV1是多个狭缝结构,各个狭缝结构在沿着m轴的方向上延伸并且以网格形状布置。

[0027] 第一多层膜反射镜13是由已经生长在基板11上的半导体层制成的半导体多层膜反射镜。第一多层膜反射镜13通过交替堆叠具有AlInN成分的低折射率半导体膜和具有GaN成分且折射率高于低折射率半导体膜的高折射率半导体膜而形成。换言之,第一多层膜反射镜13是由半导体材料制成的分布式布拉格反射镜 (DBR)。

[0028] 第一多层膜反射镜13例如通过在基板11的上表面上提供具有GaN成分的缓冲层\并在缓冲层上交替形成上述高折射率半导体膜和低折射率半导体膜的膜而形成。

[0029] 半导体结构层15是由形成在第一多层膜反射镜13上的多个半导体层构成的堆叠结构。半导体结构层15具有形成在第一多层膜反射镜13上的n型半导体层(第一半导体层) 17、形成在n型半导体层17上的发光层(或活性层) 19、以及形成在活性层19上的p型半导体层(第二半导体层) 21。

[0030] 作为第一导电型半导体层的n型半导体层17是形成在第一多层膜反射镜13上的半导体层。n型半导体层17是具有GaN成分并掺杂有作为n型杂质的Si的半导体层。n型半导体层17具有棱柱形下部17A和设置在下部17A上的圆柱形上部17B。具体地,例如,n型半导体层17具有从棱柱形下部17A的上表面17S突出的圆柱形上部17B。换言之,n型半导体层17具有包括上部17B的台形结构。

[0031] 活性层19是形成在n型半导体层17的上部17B上并具有量子阱结构的层,该量子阱结构包括具有InGa_N成分的阱层和具有Ga_N成分的阻挡层。在表面发射激光器10中,在活性层19中产生光。

[0032] 作为第二导电类型半导体层的p型半导体层21是具有形成在活性层19上的Ga_N成分的半导体层。p型半导体层21掺杂有作为p型杂质的Mg。

[0033] n电极23是设置在n型半导体层17的下部17A的上表面17S上并电连接到n型半导体层17的金属电极。n电极23形成为环形,以围绕n型半导体层17的上部17B。n电极23形成与n型半导体层17电接触并向半导体结构层15提供外部电流的第一电极层。

[0034] 绝缘层25是由形成在p型半导体层21上的绝缘体制成的层。绝缘层25由例如折射率低于形成p型半导体层21的材料的折射率的物质如SiO₂形成。绝缘层25在p型半导体层21上形成为环形,并且在中心部分具有露出p型半导体层21的开口(未示出)。

[0035] 透明电极27是在绝缘层25的上表面上形成的具有半透明性的金属氧化物膜。透明电极27覆盖绝缘层25的整个上表面和通过形成在绝缘层25的中心部分中的开口露出的p型半导体层21的整个上表面。作为形成透明电极27的金属氧化物膜,可以使用例如对从活性层19发射的光具有半透明性的ITO或IZO。

[0036] p电极29是形成在透明电极27上的金属电极。p电极29经由透明电极27电连接到通过绝缘层25的开口露出的p型半导体层21的上表面。透明电极27和p电极29形成与p型半导体层21电接触并向半导体结构层15提供外部电流的第二电极层。在该实施方式中,p电极29在透明电极27的上表面上沿着上表面的外边缘形成为环形。

[0037] 第二多层膜反射镜31是在透明电极27的上表面上由p电极29围绕的区域中形成的圆柱形多层膜反射镜。第二多层膜反射镜31是电介质多层膜反射镜,其中由Al₂O₃制成的低折射率电介质膜和由Ta₂O₅制成的折射率高于低折射率电介质膜的折射率的高折射率电介质膜交替堆叠。换言之,第二多层膜反射镜31是由电介质材料制成的分布式布拉格反射镜(DBR)。

[0038] 图2是表面发射激光器10的顶视图。如上所述,表面发射激光器10具有半导体结构层15,其包括形成在具有矩形上表面形状的基板11上的n型半导体层17、具有圆形上表面的活性层19和p型半导体层21(见图1)。绝缘层25和透明电极27形成在p型半导体层21上。p电极29和第二多层膜反射镜31形成在透明电极27上。

[0039] 在图2中,穿过表面发射激光器10的中心并且沿着基板11的m轴方向的轴,即,形成在基板11的上表面上的狭缝槽GV1延伸的方向是轴AX1。

[0040] 绝缘层25具有作为圆形开口的开口25H,其露出上述绝缘层25的p型半导体层21。如图2所示,当从表面发射激光器10的上侧观察时,开口25H形成在绝缘层25的中心部分,并且当从表面发射激光器10的上侧观察时,开口25H被第二多层膜反射镜31覆盖。换言之,开口25H形成在绝缘层25的与第二多层膜反射镜31的下表面相对的区域中。

[0041] 开口25H具有中心在轴AX1上的圆形形状。因此,p型半导体层21经由p型半导体层21的上表面上的通过开口25H露出的圆形区域中的电接触面21S电连接到透明电极27。

[0042] 如图2所示,狭缝槽GV1彼此平行地延伸,并且形成在隔着半导体结构层15和第一多层膜反射镜13而与电接触面21S相对的区域上。换言之,狭缝槽GV1形成为在顶视图中,即在基板11的上表面的法线方向上与电接触面21S重叠。

[0043] 图3是沿图2中的线3-3截取的表面发射激光器10的截面图。如上所述,表面发射激光器10具有作为GaN基板的基板11,并且第一多层膜反射镜13形成在基板11上。注意,基板11的下表面可以涂敷有AR涂层。

[0044] 形成在基板11的上表面上的各个狭缝槽GV1与第一多层膜反射镜13的下表面一起形成空隙。换言之,第一多层膜反射镜13形成为覆盖狭缝槽GV1,并且形成第一多层膜反射镜13的半导体材料不填充在狭缝槽GV1中。即,在第一多层膜反射镜13和基板11之间形成由在轴AX1方向(垂直于图3的纸面的方向)上延伸的多个空隙构成的衍射光栅结构。

[0045] 半导体结构层15形成在第一多层膜反射镜13上。半导体结构层15是通过依次形成n型半导体层17、活性层19和p型半导体层21而制成的堆叠体。在p型半导体层21的上表面的中心部分形成有向上方突出的突出部21P。

[0046] 绝缘层25形成为覆盖除了p型半导体层21的上表面的突出部21P之外的区域。如上所述,绝缘层25由折射率低于p型半导体层21的材料制成。绝缘层25具有露出突出部21P的开口25H。例如,开口25H和突出部21P具有相似的形状,并且开口25H的内表面和突出部21P的外表面彼此接触。

[0047] 透明电极27形成为覆盖绝缘层25和通过绝缘层25的开口25H露出的突出部21P的上表面。即,透明电极27在p型半导体层21的上表面上的通过开口25H露出的区域中与p型半导体层21电接触。换言之,p型半导体层21的上表面上的通过开口25H露出的区域是在p型半导体层21与透明电极27之间提供电接触的电接触面21S。

[0048] 如上所述,p电极29是金属电极并且沿着透明电极27的上表面的外边缘形成。即,p电极29与透明电极27电接触。因此,p电极29经由p型半导体层21的上表面上的通过开口25H露出的电接触面21S上的透明电极27与p型半导体层21电接触或电连接。

[0049] 第二多层膜反射镜31形成在绝缘层25的开口25H上的透明电极27的上表面上的区域中,换言之,形成在电接触面21S上的区域中,即,透明电极27的上表面的中心部分。第二多层膜反射镜31的下表面隔着透明电极27和半导体结构层15与第一多层膜反射镜13的上表面相对。由于第一多层膜反射镜13和第二多层膜反射镜31的布置,第一多层膜反射镜13和第二多层膜反射镜31形成使从活性层19发射的光谐振的谐振器OC。

[0050] 在表面发射激光器10中,第一多层膜反射镜13的反射率略低于第二多层膜反射镜31的反射率。因此,在第一多层膜反射镜13与第二多层膜反射镜31之间谐振的光的一部分透过第一多层膜反射镜13和基板11被取出到外部。

[0051] 这里,将描述表面发射激光器10的操作。在表面发射激光器10中,当在n电极23和p电极29之间施加电压时,电流在半导体结构层15中流动,如图中的单点划线所示,并且光从活性层19发射。从活性层19发射的光在具有狭缝槽GV1的第一多层膜反射镜13与第二多层膜反射镜31之间被重复反射,以达到谐振状态(即,激光振荡)。

[0052] 在表面发射激光器10中,电流仅从通过开口25H露出的部分即电接触面21S注入到p型半导体层21。由于p型半导体层21相当薄,因此电流不在p型半导体层21的面内方向上扩散,即不沿半导体结构层15的面内方向扩散。

[0053] 因此,在表面发射激光器10中,电流仅供给到活性层19中的由开口25H限定的电接触面21S正下方的区域,并且光仅从该区域发射。即,在表面发射激光器10中,开口25H具有限制活性层19中电流的供给范围的电流限制结构。

[0054] 换言之,在表面发射激光器10中,电流限制结构形成在第一多层膜反射镜13与第二多层膜反射镜31之间。电流限制结构限制电流,使得电流仅在活性层19的中心区域CA中流动,中心区域CA是以电接触面21S作为底表面的圆柱形区域,即,电流被电流限制结构集中在活性层的一个区域中。包括电流在活性层19中流动的区域中心区域CA由电接触面21S限定。

[0055] 如上所述,在本实施方式中,第一多层膜反射镜13的反射率低于第二多层膜反射镜31的反射率。因此,在第一多层膜反射镜13与第二多层膜反射镜31之间谐振的光的一部分被传输到狭缝槽GV1,并且也在第二多层膜反射镜31和狭缝槽GV1之间谐振。谐振光的一部分透射通过第一多层膜反射镜13、狭缝槽GV1和基板11,以被取出到外部。因此,表面发射激光器10从基板11的下表面沿垂直于基板11的下表面和半导体结构层15的各层的面内方向的方向发射光。换言之,基板11的下表面是表面发射激光器10的发光表面。

[0056] 半导体结构层15的p型半导体层21的电接触面21S和绝缘层25的开口25H限定作为活性层19中的发光区域的中心的发光中心,以限定谐振器0C的中心轴(发光中心轴)AX2。谐振器0C的中心轴AX2穿过p型半导体层21的电接触面21S的中心,并沿与半导体结构层15的面内方向垂直的方向延伸。

[0057] 活性层19的发光区域例如是具有预定宽度的区域,从该区域在活性层19中发射具有预定强度或更大强度的光,并且其中心是发光中心。例如,活性层19的发光区域是在活性层19中注入具有预定密度或更大密度的电流的区域,并且其中心是发光中心。穿过发光中心并垂直于基板11的上表面或半导体结构层15的各层的面内方向的直线是中心轴AX2。

[0058] 发光中心轴AX2是沿着由第一多层膜反射镜13和第二多层膜反射镜31构成的谐振器0C的谐振器长度方向延伸的直线。中心轴AX2对应于从表面发射激光器10发射的激光的光轴。

[0059] 这里,将描述表面发射激光器10中的第一多层膜反射镜13、半导体结构层15和第二多层膜反射镜31的各层的示例性构造。在该实施方式中,第一多层膜反射镜13由 $1\mu\text{m}$ 的Ga₂N₃基层和形成在基板11的上表面上的42对n-GaN层和AlInN层构成。

[0060] n型半导体层17是层厚度为1580nm的n-GaN层。活性层19由具有多量子阱结构的活性层制成,其中堆叠了4对4nm的GaInN层和5nm的Ga₂N₃层。在活性层19上,形成掺杂Mg的AlGa₂N₃电子阻挡层,并且在其上形成由50nm的p-GaN层制成的p型半导体层21。第二多层膜反射镜31通过堆叠10.5对Nb₂O₅和SiO₂制成。这种情况下的谐振波长为440nm。

[0061] 绝缘层25是20nm的由SiO₂制成的层。换言之,p型半导体层21的上表面上的突出部21P从外围突出20nm。即,p型半导体层21在突出部21P中具有50nm的层厚度,并且在其它区域中具有30nm的层厚度。绝缘层25的上表面被构造为布置在与p型半导体层21的突出部21P的上表面相同的高度位置处。这些构造仅是示例。

[0062] 下面描述表面发射激光器10内部的光学特征。如上所述,在表面发射激光器10中,绝缘层25的折射率低于p型半导体层21的折射率。在第一多层膜反射镜13与第二多层膜反射镜31之间,活性层19和n型半导体层17的层厚度在同一层的平面中的任何位置处都是相同的。

[0063] 相应地,由于p型半导体层21和绝缘层25之间的折射率差异,在以电接触面21S作为底表面的圆柱形中心区域CA和围绕中心区域CA的管状外围区域PA中,在表面发射激光器

10的第一多层膜反射镜13与第二多层膜反射镜31之间形成的谐振器0C中的等效折射率(第一多层膜反射镜13与第二多层膜反射镜31之间的光学距离,并且对应于谐振波长)是不同的。

[0064] 具体地,在第一多层膜反射镜13与第二多层膜反射镜31之间,外围区域PA中的等效折射率低于中心区域CA中的等效折射率,即,中心区域CA中的等效谐振波长小于外围区域PA中的等效谐振波长。注意,在活性层19中发射光的位置是开口25H和电接触面21S正下方的区域。即,在活性层19中发光的发光区域是与活性层19中的中心区域CA重叠的部分,换言之,是在顶视图中与电接触面21S重叠的区域。

[0065] 因此,在表面发射激光器10中,形成包括活性层19的光发射区域的中心区域CA和围绕中心区域CA并具有比中心区域CA的折射率低的折射率的外围区域PA。这减少了通过将中心区域CA内的驻波扩散(辐射)到外围区域PA中而造成的光损耗。即,大量的光留在中心区域CA中,并且在这种状态下激光被取出到外部。因此,大量的光集中在谐振器0C的发光中心轴AX2的周边中的中心区域CA中,以确保产生和发射具有高输出和高密度的激光。

[0066] 如上所述,在本实施方式的表面发射激光器10中,基板11的上表面是在M面方向上从C面偏移 0.5° 的表面。当如本实施方式的表面发射激光器10一样在向基板11的M面偏移的生长表面上生长半导体层时,在m轴方向上具有偏振方向的光的光增益变得大于在其它方向上具有偏振方向的光,因此,在m轴方向上具有偏振方向的激光容易振荡。因此,在从表面发射激光器10的中心区域CA发射的光中,大量的光具有在m轴方向上的偏振方向。

[0067] 在表面发射激光器10中,在包括基板11的上表面的中心部分的区域中形成衍射光栅。衍射光栅由中空空间构成,该中空空间由多个槽GV1形成,各个槽GV1在沿m轴的方向上延伸并以网格形状布置。

[0068] 由狭缝槽GV1形成的衍射光栅在由第一多层膜反射镜13形成的反射结构的中央区域CA中对于具有形成衍射光栅的狭缝槽GV1的延伸方向即m轴方向的偏振方向的光赋予高反射率。

[0069] 即,由于形成了狭缝槽GV1,在m轴方向上具有偏振方向的光的反射率高于在其他偏振方向上具有偏振方向的光的反射率,并且在m轴方向上具有偏振方向的光有可能优先振荡。即,狭缝槽GV1减少了具有沿表面发射激光器10的m轴方向的偏振方向的光的损耗。

[0070] 因此,在表面发射激光器10中,半导体结构层15在基板11的上表面上生长为从C面向M面偏移的表面,并且由沿m轴延伸的狭缝槽GV1构成的衍射光栅结构形成在基板11的上表面上。利用这种构造,表面发射激光器10允许稳定地获得发射光,其中具有一个偏振方向(具体地,沿m轴方向的偏振方向)的光占优。

[0071] 考虑到由上述狭缝槽GV1形成的衍射光栅结构对于在m轴方向上具有偏振方向的光具有高反射率的事实,狭缝槽GV1优选地具有与从活性层19发射的光的波长大致相同的宽度。优选地,狭缝槽GV1以与从活性层19发射的光的波长大致相同的间隔设置。

[0072] 狭缝槽GV1可以从与开口25H相对的区域即中心区域CA进一步向外延伸。狭缝槽GV1甚至可以设置在中心区域CA的外侧。

[0073] 当实际驱动实施方式1的表面发射激光器10以确认发射光的偏振方向时,确认了当通过3mA至13mA的驱动电流驱动时,在器件温度为 20°C 至 80°C 的条件下,可以稳定地获得其中具有在m轴方向上的偏振方向的光占优的发射光。

[0074] 如上所述,利用本发明的表面发射激光器,可以具有高发光效率并稳定地获得具有特定偏振方向的发射光。当表面发射激光器的发射光用于具有使用液晶或偏振器的光学系统的装置时,这是非常有效的。

[0075] (制造方法)

[0076] 下面描述用于制造表面发射激光器10的方法的一个示例。首先,准备具有上表面的n-GaN基板作为基板11,该上表面是如上所述从C面向M面倾斜的晶面,并且通过曝光构图和干蚀刻来在上表面上形成狭缝槽GV1。随后,通过金属有机气相外延(MOVPE)在基板11的上表面上形成n-GaN层(层厚度1 μ m)作为基层。随后,在基层上42对n-GaN/AlInN层进行成膜以形成第一多层膜反射镜13。

[0077] 接着,通过在第一多层膜反射镜13上形成Si掺杂的n-GaN(层厚度为1580nm)以形成n型半导体层17,然后在n型半导体层17上堆叠由GaInN(层厚度为4nm)和GaN(层厚度为5nm)构成的4对层,来形成活性层19。

[0078] 接着,在活性层19上形成由Mg掺杂的AlGaIn制成的电子阻挡层(未示出),然后在电子阻挡层上对p-GaN层(层厚度为50nm)进行成膜以形成p型半导体层21。

[0079] 接着,蚀刻p型半导体层21、活性层19和n型半导体层17的外围部分以形成台面形状,使得n型半导体层17的上表面17S在外围部分中露出。换言之,在该处理中,完成了图1中的包括由n型半导体层17、活性层19和p型半导体层21制成的圆柱形部分的半导体结构层15。

[0080] 接着,蚀刻p型半导体层21的上表面的中心部分的周边以形成突出部21P。随后,通过在半导体结构层15上形成SiO₂膜并去除一部分膜以形成开口25H来形成绝缘层25。换言之,SiO₂嵌入在p型半导体层21的上表面的蚀刻和去除部分中。

[0081] 接着,通过在绝缘层25上形成20nm的ITO膜来形成透明电极27,然后,通过分别在透明电极27的上表面和n型半导体层17的上表面17S上形成Au膜来形成p电极29和n电极23。

[0082] 接着,将40nm的Nb₂O₅膜形成为透明电极27上的间隔层(未示出),然后通过间隔层上形成由Nb₂O₅/SiO₂为一对制成的10.5对层的膜,形成第二多层膜反射镜31。

[0083] 当将AR涂层涂敷到基板11的背面时,最终抛光基板11的背面,然后,在抛光的表面上形成由Nb₂O₅/SiO₂制成的AR涂层,以完成表面发射激光器10。

[0084] 实施方式2

[0085] 下面描述作为本发明实施方式2的表面发射激光器40。表面发射激光器40与表面发射激光器10的不同之处在于,代替狭缝槽GV1,狭缝槽GV2形成在基板11的下表面上,即表面发射激光器40的发光表面上。

[0086] 图4是示出沿类似于图2所示的截面线截取的表面发射激光器40的截面的截面图,即,对应于图3的截面。

[0087] 如图4所示,在表面发射激光器40中,在基板11的下表面上的中心区域CA中的区域中形成多个狭缝槽GV2。换言之,多个狭缝槽GV2形成在基板11的下表面的与开口25H和电接触面21S相对的区域中,即,在发射光的区域中。

[0088] 换言之,在表面发射激光器40中,多个狭缝槽GV2形成在基板11的下表面上,并且其形成区域在顶视图中与实施方式1的表面发射激光器10的狭缝槽GV1形成的区域重叠。

[0089] 表面发射激光器40的狭缝槽GV2是下述的槽,各个槽在基板11的下表面上平行于

轴AX1延伸,并且沿垂直于轴AX1的方向布置,即,狭缝状凹陷部分。即,狭缝槽GV2是在基板11的下表面上沿m轴方向彼此平行延伸的槽。

[0090] 狭缝槽GV2提供与上述实施方式1中的狭缝槽GV1类似的效果。即,由狭缝槽GV2形成的衍射光栅在由第一多层膜反射镜13和基板11形成的反射结构的中心区域CA中为具有形成衍射光栅的各个狭缝槽GV2的延伸方向上的偏振方向的光提供高反射率。

[0091] 换言之,由狭缝槽GV2形成的衍射光栅为由第一多层膜反射镜13和基板11形成的反射结构提供了对m轴方向上具有偏振方向的光的高反射率。

[0092] 因此,由于形成了狭缝槽GV2,所以在m轴方向上具有偏振方向的光的反射率高于在其他偏振方向上具有偏振方向的光的反射率,并且在m轴方向上具有偏振方向的光可能优先在表面发射激光器40中振荡。

[0093] 因此,利用表面发射激光器40,在基板11的下表面上形成由狭缝槽GV2构成的衍射光栅结构,以执行发射光的进一步偏振控制,因此,类似于实施方式1的表面发射激光器10,可以稳定地获得其中在m轴方向上具有偏振方向的光占优的发射光。

[0094] 在上述实施方式1的表面发射激光器10的制造方法的最后步骤中抛光基板11的下表面之后,可以通过例如在基板11的下表面上执行诸如干法刻蚀的刻蚀处理来形成狭缝槽GV2。

[0095] 狭缝槽GV2可以从与开口25H相对的区域即中心区域CA进一步向外延伸。狭缝槽GV2甚至可以设置在中心区域CA的外侧。

[0096] 实施方式3

[0097] 下面描述作为本发明实施方式3的表面发射激光器50。表面发射激光器50与表面发射激光器40的不同之处在于,在基板11的下表面上形成凸起部分,即,在凸起部分的表面上形成实施方式2中描述的表面发射激光器50的发光表面和狭缝槽GV2。

[0098] 图5是示出沿类似于图2所示的截面线截取的表面发射激光器50的截面的截面图,即,对应于图3的截面。如图5所示,在表面发射激光器50中,在基板11的下表面的包括与开口25H和电接触面21S相对的区域(即,中心区域CA)的区域中形成向下凸透镜形状的凸起部分51。

[0099] 凸起部分51是以实施方式1所示的中心轴AX2为顶点的凸透镜形状。多个狭缝槽GV2形成在凸起部分51的表面上,并且各个狭缝槽GV2以与实施方式2的表面发射激光器40相同的方式沿m轴方向延伸。

[0100] 利用实施方式3的表面发射激光器50,通过提供凸起部分51,可以增加由第一多层膜反射镜13和基板11形成的反射结构向中心区域CA反射的光量。因此,利用表面发射激光器50,可以在产生发射光的主要部分的中心区域CA中进一步提高光振荡效率。

[0101] 例如,可以通过在基板11的背面上沉积形状与凸起部分51相同的抗蚀剂并干法蚀刻基板11的整个背面来形成凸起部分51,从而将抗蚀剂的形状转移到基板11的背面。

[0102] 虽然在以上描述中凸起部分51具有凸透镜形状,但是凸起部分51的形状可以是任何其他形状,只要由第一多层膜反射镜13和基板11构成的反射结构反射的光能够被收集在中心区域CA中。例如,凸起部分51可以具有向下凸起的抛物面形状。

[0103] 狭缝槽GV2可以从与开口25H相对的区域即中心区域CA进一步向外延伸。狭缝槽GV2甚至可以设置在中心区域CA的外侧。狭缝槽GV2甚至可以延伸到凸起部分51的外侧。狭

缝槽GV2甚至可以设置在凸起部分51的外侧。

[0104] 实施方式4

[0105] 下面描述作为本发明实施方式4的表面发射激光器60。表面发射激光器60与表面发射激光器10的不同之处在于,代替狭缝槽GV1,在第一多层膜反射镜13的上表面上形成狭缝槽GV3。也就是说,在表面发射激光器60中,沿着第一多层膜反射镜13与半导体结构层15之间的界面形成中空狭缝槽GV3。

[0106] 换言之,在表面发射激光器60中,沿着第一多层膜反射镜13与半导体结构层15之间的界面形成由狭缝槽GV3构成的中空衍射光栅结构。

[0107] 图6是示出沿类似于图2所示的截面线截取的表面发射激光器60的截面的截面图,即,对应于图3的截面。如图6所示,在表面发射激光器60中,在n型半导体层17的下表面的与开口25H和电接触面21S相对的区域(即,中心区域CA)中形成多个狭缝槽GV3。换言之,在表面发射激光器60中,多个狭缝槽GV3形成在n型半导体层17的下表面上,并且其形成区域与在顶视图中形成实施方式1的表面发射激光器10的狭缝槽GV1的区域重叠。

[0108] 表面发射激光器60的狭缝槽GV3是下述的槽,各个槽在第一多层膜反射镜13的上表面上平行于轴AX1(参见图2)延伸,并且沿垂直于轴AX1的方向布置,即,狭缝状凹陷部分。即,狭缝槽GV3是在第一多层膜反射镜13与半导体结构层15之间的界面处沿着m轴方向彼此平行延伸的槽,并且形成由沿着m轴方向延伸的狭缝构成的衍射光栅结构。

[0109] 狭缝槽GV3提供与上述实施方式1中的狭缝槽GV1类似的效果。即,在由第一多层膜反射镜13和基板11形成的反射结构的中心区域CA中,由狭缝槽GV3形成的衍射光栅为具有在各个狭缝槽GV3的延伸方向上即在m轴方向上的偏振方向的光提供高反射率。因此,由于形成了狭缝槽GV3,所以在m轴方向上具有偏振方向的光的反射率高于在其他偏振方向上具有偏振方向的光的反射率,并且在m轴方向上具有偏振方向的光有可能优先振荡。

[0110] 因此,利用表面发射激光器60,在第一多层膜反射镜13与半导体结构层15之间的界面处形成由狭缝槽GV3构成的衍射光栅结构,以执行发射光的偏振控制,因此,类似于实施方式1的表面发射激光器10,可以稳定地获得具有一个偏振方向的光占优的发射光。

[0111] 在表面发射激光器60中,由狭缝槽GV3构成的衍射光栅结构形成在第一多层膜反射镜13与第二多层膜反射镜31之间的区域中。即,与上述实施方式1至3的表面发射激光器10、40和50相比,在表面发射激光器60中,形成衍射光栅结构的狭缝槽GV3设置在较靠近活性层19的位置处。

[0112] 因此,在表面发射激光器60中,在其中形成狭缝槽GV3的区域中从活性层19发射的光的强度大于其它实施方式的表面发射激光器10、40和50中的强度。因此,较多的光可以被由狭缝槽GV3形成的衍射光栅结构反射,并且上述偏振控制效果优于其他实施方式的表面发射激光器的偏振控制效果。因此,在表面发射激光器60中,可以稳定地获得所发射的光,其中与上述其它实施方式的表面发射激光器相比,具有一个偏振方向的光更加占优。

[0113] 狭缝槽GV3可以如下形成。GaN层用作第一多层膜反射镜13的最上层,并且作为最上层的GaN层被蚀刻以形成狭缝槽GV3。随后,生长并平坦化GaN层,以覆盖已经去除了GaN的部分,即,以不填充狭缝槽GV3。随后,在平坦化的表面上生长n-GaN层以形成n-型半导体层17。

[0114] 狭缝槽GV3可以从与开口25H相对的区域即中心区域CA进一步向外延伸。狭缝槽

GV3甚至可以设置在中心区域CA的外侧。

[0115] 由狭缝槽GV3形成的衍射光栅结构不需要具有中空结构。即,可以提供其中狭缝槽GV3填充有半导体材料的嵌入型(嵌入结构)衍射光栅结构。

[0116] 当提供嵌入型衍射光栅结构时,在表面发射激光器60的制造中,使用AlInN层作为第一多层膜反射镜13的最上层,并且在通过蚀刻来在作为最上层的AlInN层上形成狭缝槽GV3之后,生长并平坦化GaN层以填充狭缝槽GV3,然后,在平坦化的表面上生长n-GaN层以形成n型半导体层17。

[0117] 狭缝槽GV3可以填充有GaN或者可以保持中空,这依赖于用于在狭缝槽GV3上生长GaN层的生长条件。因此,由狭缝槽GV3形成的衍射光栅结构可以具有嵌入结构或中空结构。

[0118] 当然,当由狭缝槽GV3形成的衍射光栅结构具有嵌入结构时,可以实现类似于中空结构的衍射光栅结构的偏振控制效果。

[0119] 实施方式5

[0120] 下面描述作为本发明实施方式5的表面发射激光器70。表面发射激光器70与实施方式1的表面发射激光器10的不同之处在于,代替绝缘层25,在半导体结构层15中形成隧道接合结构以形成上述电流限制结构。具体地,表面发射激光器70与表面发射激光器10的不同之处在于p型半导体层21上方的结构。

[0121] 表面发射激光器70与表面发射激光器10的不同之处还在于,使用沿着半导体结构层15与第二多层膜反射镜75之间的界面形成的狭缝槽GV4来代替狭缝槽GV1,以形成衍射光栅结构。

[0122] 图7是示出沿类似于图2所示的截面线截取的表面发射激光器70的截面的截面图,即,对应于图3的截面。如图7所示,在表面发射激光器70中,隧道接合层71形成在p型半导体层21的突出部21P上。即,在表面发射激光器70中,隧道接合层71形成在半导体结构层15中的中心区域CA中。

[0123] 隧道接合层71包括:高掺杂p型半导体层71A,其为在p型半导体层21上形成的p型半导体层,并且具有高于p型半导体层21的掺杂浓度;以及高掺杂n型半导体层71B,其为形成在高掺杂p型半导体层71A上的n型半导体层,并且具有高于n型半导体层17的掺杂浓度。

[0124] 在p型半导体层21和隧道接合层71上形成n型半导体层73。形成n型半导体层73以在p型半导体层21的上表面嵌入隧道接合层71。换言之,形成n型半导体层73以覆盖突出部21P的侧表面以及隧道接合层71的侧表面和上表面。

[0125] 第二多层膜反射镜75是形成在n型半导体层73的上表面上并具有与n型半导体层17类似的掺杂浓度的n型半导体层。即,n型半导体层73的掺杂浓度低于高掺杂n型半导体层71B的掺杂浓度。

[0126] 由p型半导体层21、隧道接合层71和n型半导体层73构成的堆叠结构在隧道接合层71部分产生隧道效应。结果,在表面发射激光器70中,在p型半导体层21与n型半导体层73之间形成电流限制结构,在该电流限制结构中,电流仅在隧道接合层71的部分中流动并被限制在中心区域CA。

[0127] 第二多层膜反射镜75是由形成在n型半导体层73上的半导体层制成的半导体多层膜反射镜。第二多层膜反射镜75通过交替堆叠具有AlInN成分的低折射率半导体膜和具有GaN成分并具有比低折射率半导体膜的折射率高的高折射率半导体膜而形成,并

具有n型半导体特性。换言之,第二多层膜反射镜75是由半导体材料制成的分布式布拉格反射镜(DBR)。

[0128] 第二n电极77是沿着第二多层膜反射镜75的上表面的外围边缘部分形成的金属电极。在表面发射激光器70中,由于第二多层膜反射镜75具有导电特性,电流从第二n电极77通过第二多层膜反射镜75、n型半导体层73、隧道接合层71、p型半导体层21、活性层19和n型半导体层17流到n电极23。

[0129] 在表面发射激光器70中,狭缝槽GV4是在n型半导体层73的上表面上的隧道接合层71正上方的区域中形成并在m轴方向上延伸的槽。狭缝槽GV4上的第二多层膜反射镜75被堆叠以覆盖狭缝槽GV4。即,狭缝槽GV4内部是中空的,并且由狭缝槽GV4形成由中空空间构成的衍射光栅结构。

[0130] 狭缝槽GV4提供与上述实施方式1中的狭缝槽GV1类似的效果。即,在由第二多层膜反射镜75形成的反射结构的中心区域CA中,由狭缝槽GV4形成的衍射光栅对具有在形成衍射光栅的每个狭缝槽GV4的延伸方向上即在m轴方向上的偏振方向的光提供高反射率。因此,由于形成了狭缝槽GV4,所以在m轴方向上具有偏振方向的光的反射率高于在其他偏振方向上具有偏振方向的光的反射率,并且在m轴方向上具有偏振方向的光有可能优先振荡。

[0131] 因此,利用表面发射激光器70,在n型半导体层73的上表面上形成由狭缝槽GV4构成的衍射光栅结构,以执行发射光的偏振控制,因此,类似于实施方式1的表面发射激光器10,可以稳定地获得具有一个偏振方向的光占优的发射光。

[0132] 在表面发射激光器70中,沿半导体结构层15与第二多层膜反射镜75之间的界面形成狭缝槽GV4。即,与上述实施方式1至3的表面发射激光器10、40和50相比,在表面发射激光器70中,形成衍射光栅结构的狭缝槽GV4设置在较靠近活性层19的位置处。

[0133] 因此,在表面发射激光器70中,在其中形成狭缝槽GV4的区域中从活性层19发射的光的强度大于实施方式1至3的表面发射激光器10、40和50中的强度。因此,由狭缝槽GV4形成的衍射光栅结构可以反射较多的光,并且上述偏振控制效果优于其他实施方式的表面发射激光器的偏振控制效果。因此,在表面发射激光器70中,可以稳定地获得所发射的光,其中与上述实施方式1至3的表面发射激光器相比,具有一个偏振方向的光更占优势。

[0134] 狭缝槽GV4可以如下形成。通过蚀刻来在n型半导体层73的上表面上形成狭缝槽GV4。随后,形成也是n型半导体层73的一部分的n-GaN层,以覆盖狭缝槽GV4并使其平坦化。随后,形成第二多层膜反射镜75。

[0135] 狭缝槽GV4不仅可以在中心区域CA中延伸,而且可以进一步向外延伸。狭缝槽GV4甚至可以设置在中心区域CA的外侧。

[0136] 如图8所示,狭缝槽GV4可以形成在第二多层膜反射镜75的下表面上。在这种情况下,可以通过蚀刻作为第二多层膜反射镜75的第一层的n-AlInN层以形成构成狭缝槽的槽,然后形成n-GaN层以从上方覆盖槽并平坦化n-GaN层,然后形成第二多层膜反射镜75的薄膜层来形成。

[0137] 在上述实施方式1至4中,为了在p型半导体层21的上表面上形成电接触面21S和电接触面21S周围的绝缘区域以造成电流限制并形成具有低折射率的区域,设置了绝缘层25。然而,代替设置绝缘层25,可以使用其它方法来造成电流限制并产生具有低折射率的区域。

[0138] 例如,在上述实施方式中,可以通过蚀刻其上设置有绝缘层25的p型半导体层21的

上表面来形成绝缘区域、具有低折射率的区域和电接触面21S。通过在其上设置有绝缘层25的p型半导体层21的上表面上执行离子注入,可以形成绝缘区域、具有低折射率的区域和电接触面21S,以产生类似于在上述实施方式中形成绝缘层25的电流限制效果。当执行离子注入时,例如,B离子,A1离子或氧离子被注入到p型半导体层21中。

[0139] 在上述实施方式中,已经描述了基板11的上表面是在M面方向上从C面偏移 0.5° 的表面的情况,即,在M面方向上从C面偏移的角度是 0.5° 的情况。然而,偏移角度不限于该角度。当偏移角度为例如约 0.3° 至 0.8° 时,可以充分地获得上述偏振控制效果。当基板11的上表面的偏移角为 0.8° 或更小时,构成第一多层膜反射镜13的半导体多层可被形成为稳定地具有令人满意的反射率。

[0140] 在上述实施方式中,虽然使用无芯基板作为基板11,但是也可以使用条形芯基板。在这种情况下,在基板11的顶视图中,基板11的芯的条纹方向和基板11的上表面的晶面的倾斜方向彼此平行或垂直。即,在上述实施方式中,基板11的m轴方向和基板11的芯的条纹方向彼此平行或垂直。

[0141] 在上述实施方式中,已经描述了基板11的上表面在M面方向上从C面偏移的情况。然而,基板11的上表面可以在A面方向上从C面偏移,而在M面方向上几乎不偏移。

[0142] 在这种情况下,为了获得上述偏振控制效果,出于与上述C面的偏移角度的范围的描述相同的原因,在A面方向上从C面的偏移角优选为约 0.3° 至 0.8° ,并且从C面向M面的偏移角度优选为 $0 \pm 0.1^\circ$ 。当基板11的上表面从C面向A面偏移时,应当理解,AX1对应于上述实施方式中的电接触面21S的形狀的描述中的a轴。

[0143] 当基板11的上表面在A面方向上从C面偏移时,可以取出大量具有沿a轴方向的偏振方向的光,并且可以抑制具有沿a轴方向以外的偏振方向的光的发射。因此,利用表面发射激光器10,可以抑制从发光表面提取的光的偏振方向在发光表面的面内方向上的变化。

[0144] 在上述实施方式中,虽然已经描述了基板11的上表面在M面方向或A面方向上从C面偏移的情况,但是基板11的上表面不必须从C面偏移。即使在这种情况下,由上述狭缝槽GV1、GV2、GV3和GV4形成的衍射光栅结构使具有平行于狭缝槽的偏振方向的光优先振荡,并且可以获得其中具有平行于狭缝槽的偏振方向的光占优的发射光。

[0145] 在实施方式3中,说明了形成凸起部分51并在凸起部分51的下表面形成狭缝槽GV2的情况。然而,在不同于实施方式3的其它实施方式中,凸起部分51可以形成在表面发射激光器的基板的下表面上。当在其它实施方式的表面发射激光器中形成凸起部分51时,凸起部分51仍然产生增加反射到中心区域CA的光量的效果。即,当凸起部分51形成在其它实施方式的表面发射激光器中时,还可以获得进一步提高产生发射光的主要部分的中心区域CA中的光振荡效率的效果。

[0146] 上述实施方式中的各种数值、尺寸、材料等仅是示例,并且可以根据用途和要制造的表面发射激光器来适当地选择。

[0147] 附图标记说明

[0148]	10、40、50、60、70	表面发射激光器
[0149]	11	基板
[0150]	13	第一多层膜反射镜
[0151]	15	半导体结构层

[0152]	17	n型半导体层
[0153]	19	活性层
[0154]	21	p型半导体层
[0155]	23	n电极
[0156]	25	绝缘层
[0157]	27	透明电极
[0158]	29	p电极
[0159]	31	第二多层膜反射镜
[0160]	71	隧道接合层
[0161]	73	n型半导体层
[0162]	75	第二多层膜反射镜
[0163]	77	第二n电极

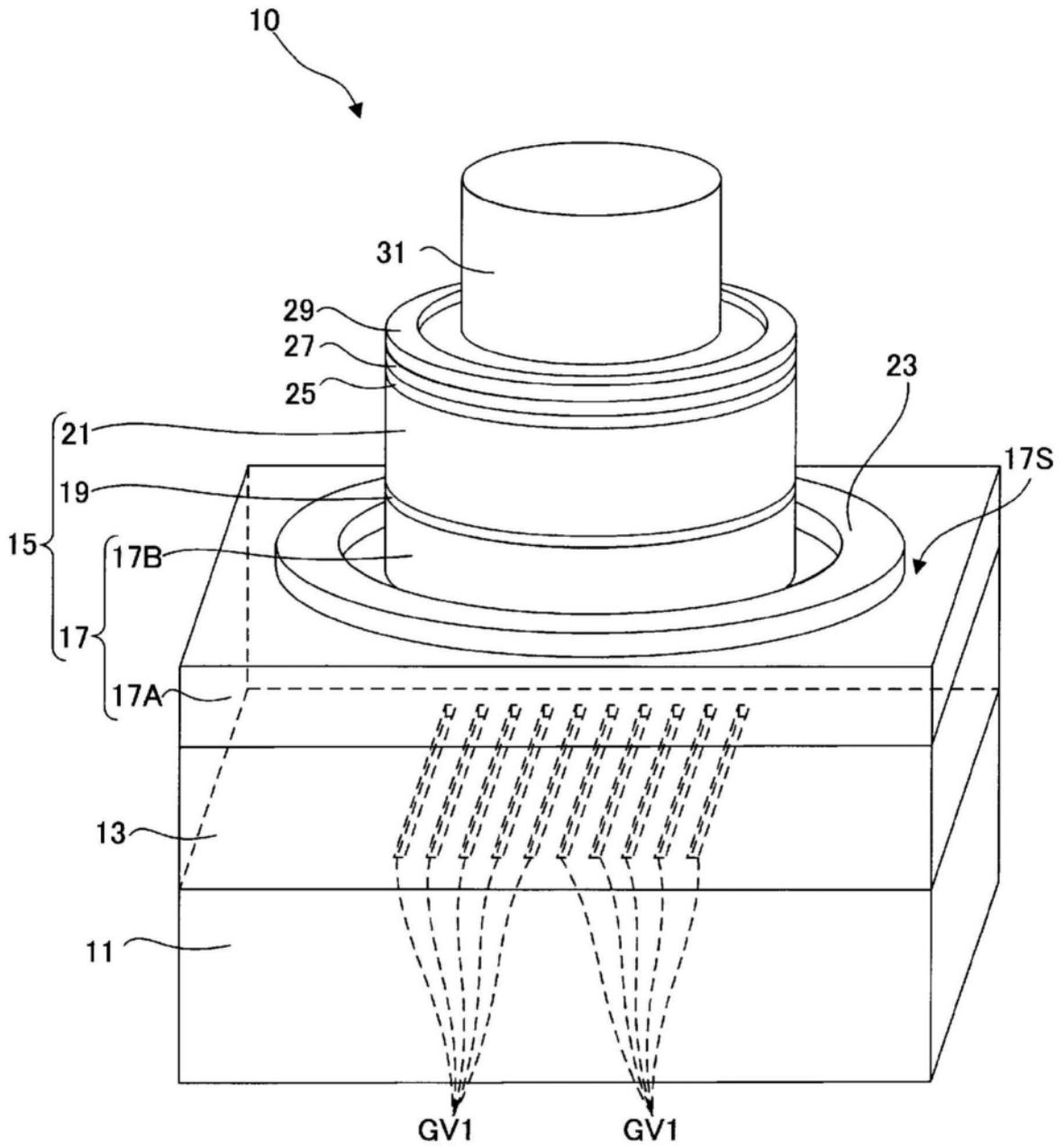


图1

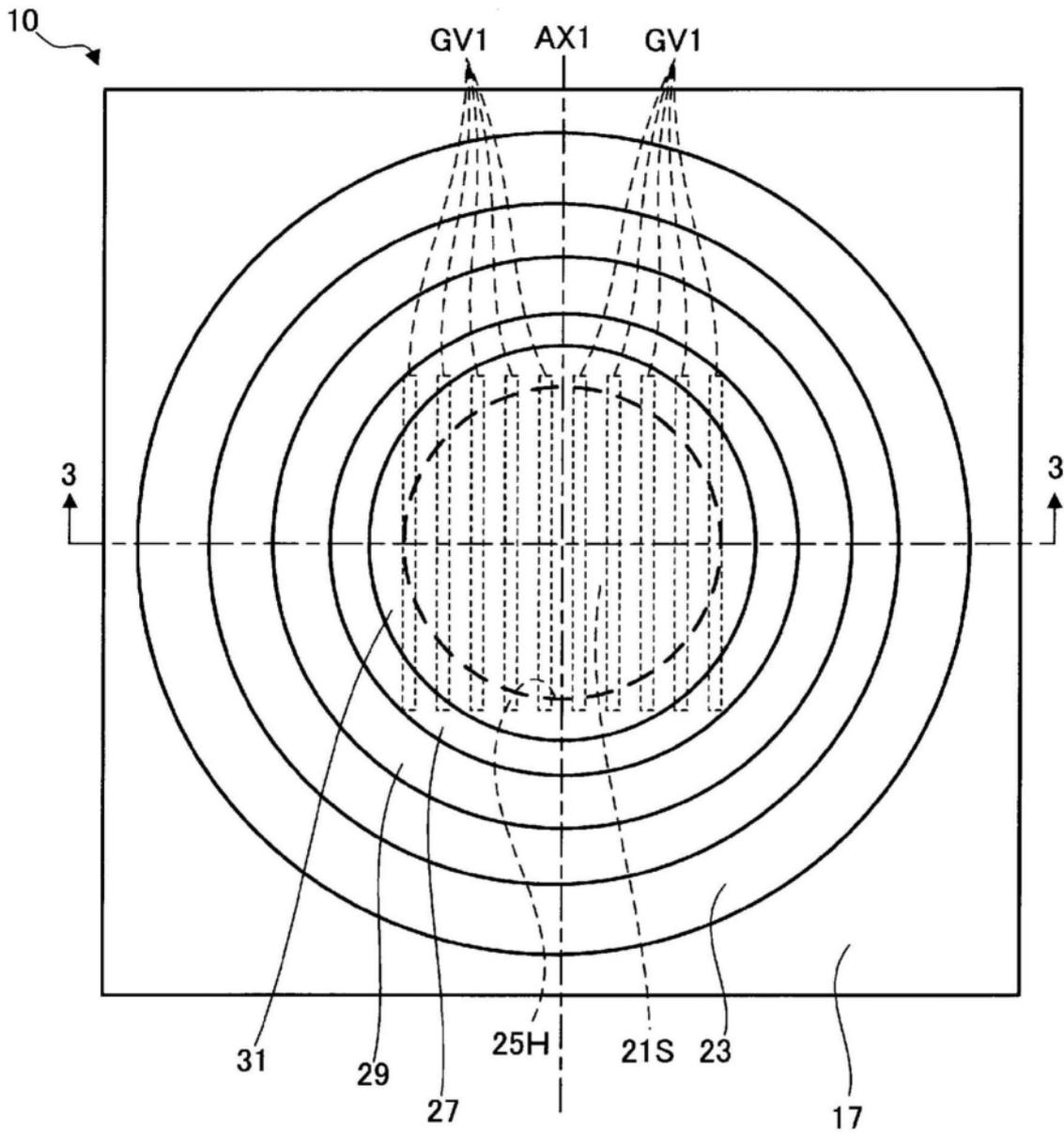


图2

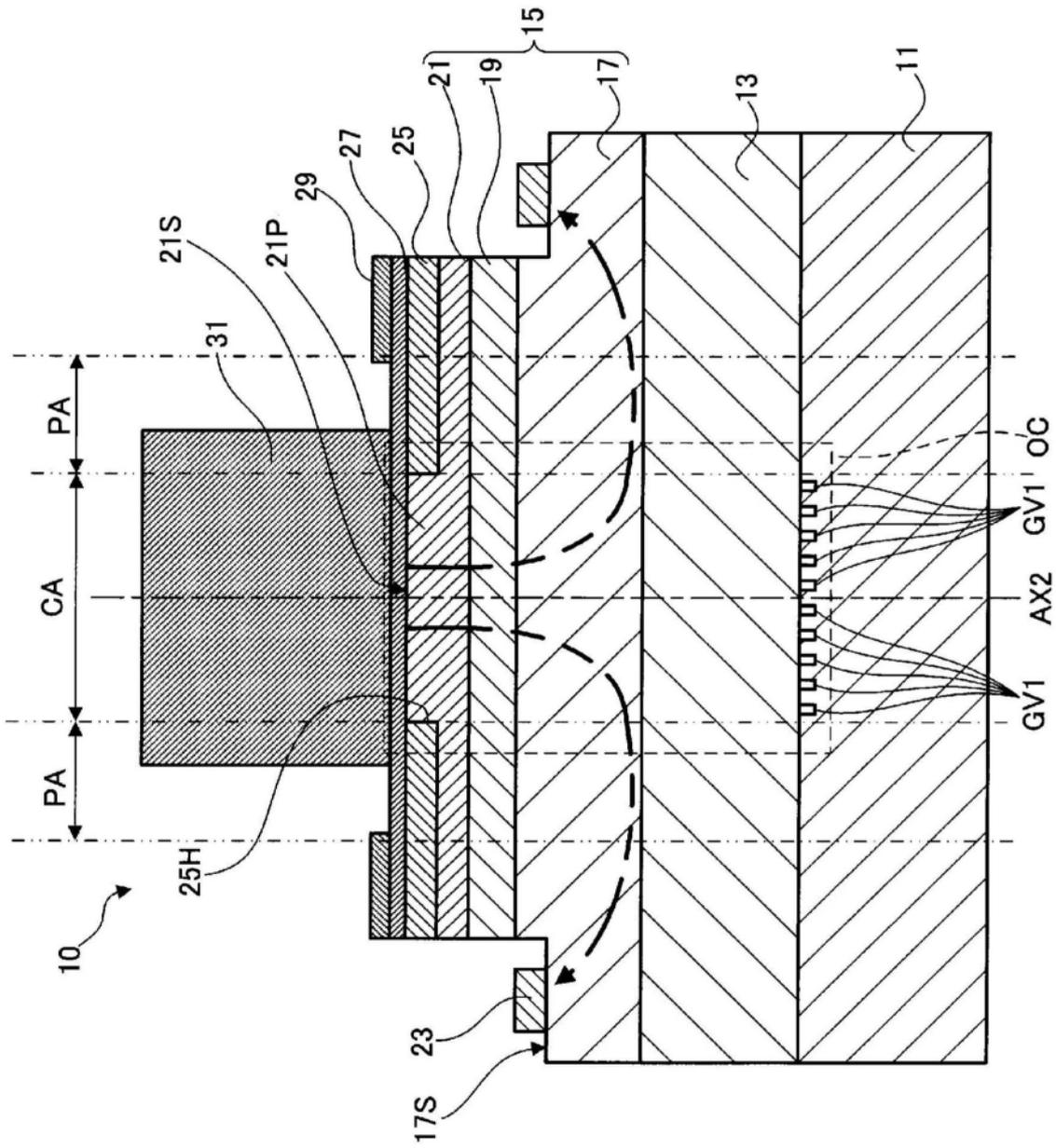


图3

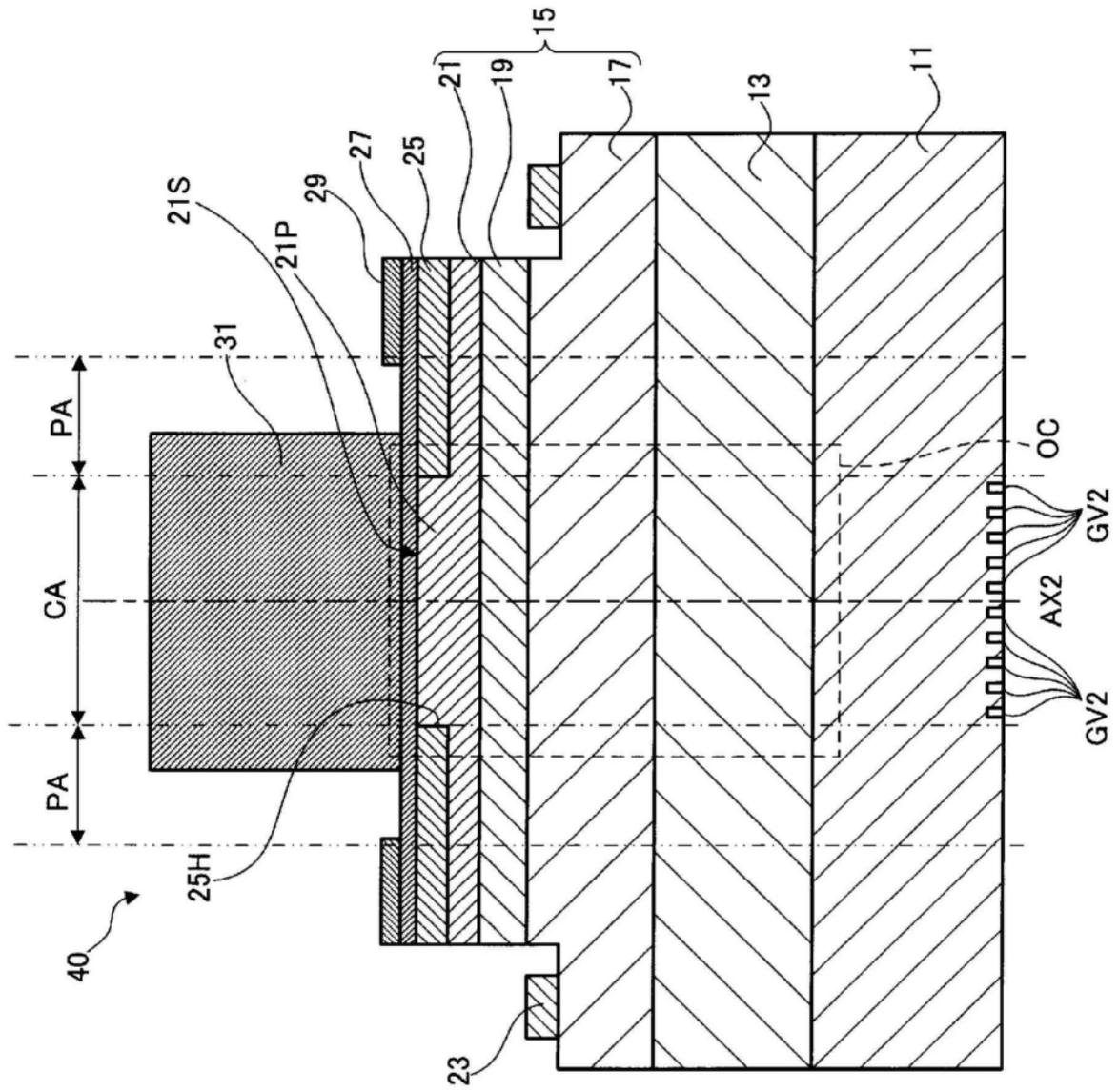


图4

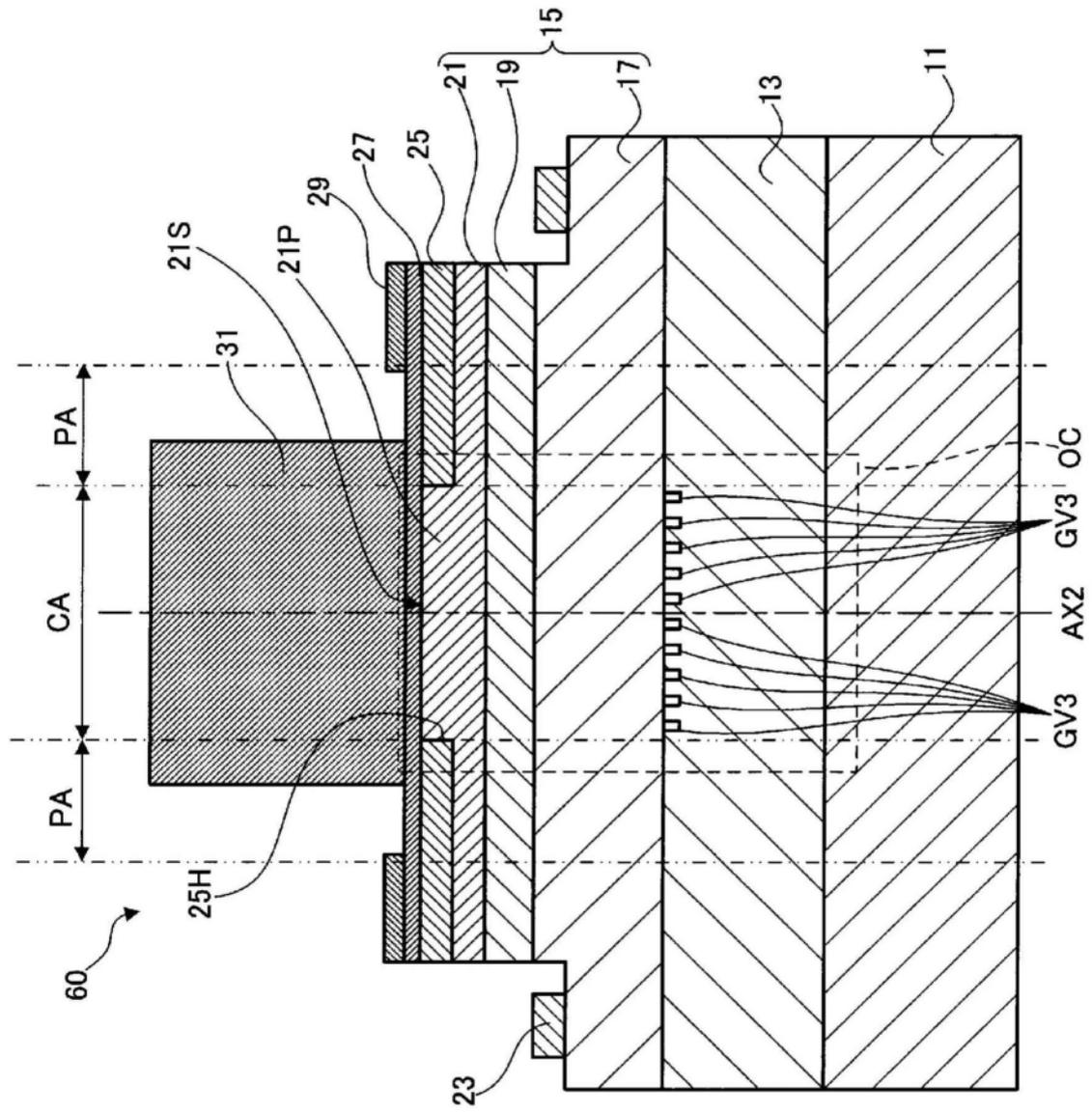


图6

1. (修改后) 一种垂直谐振器型发光元件, 所述垂直谐振器型发光元件包括:
 - 氮化镓基半导体基板;
 - 由形成在所述基板上的氮化物半导体制成的第一多层膜反射镜;
 - 半导体结构层, 所述半导体结构层包括第一半导体层、活性层和第二半导体层, 所述第一半导体层由形成在所述第一多层膜反射镜上的具有第一导电类型的氮化物半导体制成, 所述活性层由形成在所述第一半导体层上的氮化物半导体制成, 所述第二半导体层形成在所述活性层上并且由具有与所述第一导电类型相反的第二导电类型的氮化物半导体制成;
 - 第二多层膜反射镜, 所述第二多层膜反射镜形成在所述半导体结构层上, 所述第二多层膜反射镜与所述第一多层膜反射镜构成谐振器; 以及
 - 电流限制结构, 所述电流限制结构形成在所述第一多层膜反射镜与所述第二多层膜反射镜之间以将电流集中在所述活性层的一个区域中, 其中,
 - 当从所述氮化镓基半导体基板的上表面的法线方向观察时, 在与所述一个区域重叠的区域中形成衍射光栅, 所述衍射光栅由彼此平行的多个狭缝结构制成, 并且
 - 所述多个狭缝结构中的各狭缝结构是形成在所述基板的背面上的凹陷部分。
2. 根据权利要求1所述的垂直谐振器型发光元件, 其中,
 - 所述多个狭缝结构形成在所述第一多层膜反射镜与所述第二多层膜反射镜之间。
3. (删除)
4. (修改后) 根据权利要求1或2所述的垂直谐振器型发光元件, 其中,
 - 所述氮化镓基半导体基板的所述上表面是从C面向M面或A面的晶面偏移的表面, 并且
 - 在所述上表面向所述M面偏移的情况下, 所述多个狭缝结构中的各狭缝结构在m轴方向上延伸, 并且在所述上表面向所述A面偏移的情况下, 所述多个狭缝结构中的各狭缝结构在a轴方向上延伸。
5. 根据权利要求4所述的垂直谐振器型发光元件, 其中,
 - 在所述上表面向所述M面偏移的情况下, 所述氮化镓基半导体基板的所述上表面是从所述C面向所述M面偏移 0.8° 或更小的角度的表面, 并且在所述上表面向所述A面偏移的情况下, 所述氮化镓基半导体基板的所述上表面是从所述C面向所述A面偏移 0.8° 或更小的角度的表面。
6. 根据权利要求4或5所述的垂直谐振器型发光元件, 其中,
 - 所述氮化镓基半导体基板是条形芯基板, 并且在所述上表面向所述M面偏移的情况下, 所述氮化镓基半导体基板的芯延伸的方向是沿着所述m轴的方向, 并且在所述上表面向所述M面偏移的情况下, 所述氮化镓基半导体基板的芯延伸的方向是沿着所述a轴的方向。
7. 根据权利要求1至6中的任一项所述的垂直谐振器型发光元件, 其中,
 - 当从所述氮化镓基半导体基板的所述上表面的法线方向观察时, 所述氮化镓基半导体基板的所述下表面的与所述一个区域重叠的区域具有向下凸起的凸透镜形状。

- [0001] 基于《公约》第十九条第一款的解释
- [0002] 1. 修改内容
- [0003] (1) 将修改前的权利要求3的结构并入修改前的权利要求1中。
- [0004] (2) 修改前的权利要求3被删除。
- [0005] (3) 删除权利要求3的同时,修改了权利要求4的引用关系。
- [0006] 2. 说明
- [0007] 修改前的权利要求3中“所述多个狭缝结构中的各狭缝结构是形成在所述基板的背面上的凹陷部分”,国际检索单位的书面意见表明具有创造性。修改后并入权利要求1。
- [0008] 具有上述结构的修改后的权利要求1至7中描述的垂直谐振器型发光装置在任何引用文献中都没有描述。