

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01S 5/026 (2006.01)

H01S 5/18 (2006.01)

H01S 5/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410098796.5

[45] 授权公告日 2008年11月26日

[11] 授权公告号 CN 100438239C

[22] 申请日 2004.12.14

[21] 申请号 200410098796.5

[30] 优先权

[32] 2004.1.8 [33] JP [31] 2004-003057

[73] 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 金子刚

[56] 参考文献

US5742630A 1998.4.21

WO0173856A2 2001.10.4

US6670599B2 2003.12.30

EP1341278A 2003.9.3

审查员 王 锴

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司

代理人 余 刚

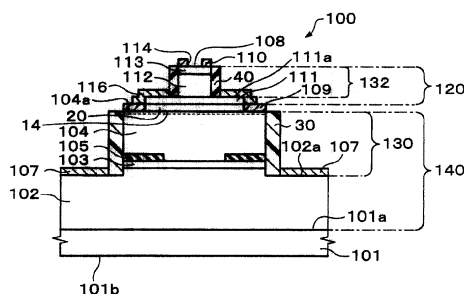
权利要求书3页 说明书26页 附图6页

[54] 发明名称

光元件及其制造方法

[57] 摘要

本发明提供一种具有预定的多层绝缘层并包括面发光型半导体激光器和光检测元件的光元件及其制造方法。该光元件(100)包括：面发光型半导体激光器(140)，其包括在衬底(101)的上方从衬底侧配置的第一反射器(102)、活性层(103)及第二反射器(104)；光检测元件(120)，其包括在面发光型半导体激光器的上方从面发光型半导体激光器侧配置的第一接触层(111)、光吸收层(112)及第二接触层(113)；形成于衬底上方的第一绝缘层(30)；形成于面发光型半导体激光器上方的第二绝缘层(40)；第一绝缘层覆盖至少包括第二反射器一部分的第一柱状部(130)的侧面，第二绝缘层覆盖至少包括第二接触层一部分的第二柱状部(132)的侧面。



1. 一种光元件，包括：

面发光型半导体激光器，其包括在衬底的上方从所述衬底侧配置的第一反射器、活性层、以及第二反射器；

光检测元件，其包括在所述面发光型半导体激光器的上方从所述面发光型半导体激光器侧配置的第一接触层、光吸收层、以及第二接触层；

第一绝缘层，其形成于所述衬底的上方；

第二绝缘层，其形成于所述面发光型半导体激光器的上方；

所述第一绝缘层覆盖第一柱状部的侧面但不覆盖第一柱状部的顶面，所述第一柱状部至少包括所述第二反射器的一部分，

所述第二绝缘层覆盖第二柱状部的侧面，所述第二柱状部至少包括所述第二接触层的一部分，

所述第二柱状部的直径比所述第一柱状部的直径小，

所述第二绝缘层的膜厚比所述第一绝缘层的膜厚薄。

2. 根据权利要求1所述的光元件，其中，所述第一绝缘层由树脂构成，所述第二绝缘层由无机类的电介质构成。

3. 根据权利要求2所述的光元件，其中，所述树脂为聚亚胺系树脂、丙烯系树脂、环氧系树脂、或氟系树脂，所述无机类的电介质为四氮化三硅或二氧化硅。

4. 一种光元件的制造方法，所述光元件包括面发光型半导体激光器和光检测元件，其中，所述方法包括如下步骤：

在衬底的上方层叠半导体层的步骤，所述半导体层用于至少形成第一反射器、活性层、第二反射器、第一接触层、光吸收层、以及第二接触层；

通过蚀刻所述半导体层形成第一柱状部的步骤，所述第一柱状部至少包括所述第二反射器的一部分；

通过蚀刻所述半导体层形成第二柱状部的步骤，所述第二柱状部至少包括所述第二接触层的一部分；

形成第一绝缘层以覆盖所述第一柱状部的侧面的步骤；

形成第二绝缘层以覆盖所述第二柱状部的侧面的步骤，其中，

所述第二柱状部的直径比所述第一柱状部的直径小，

所述第二绝缘层的膜厚比所述第一绝缘层的膜厚薄。

5. 根据权利要求4所述的光元件的制造方法，其中，形成所述第一绝缘层的步骤包括如下步骤：

形成前体层的步骤，所述前体层至少覆盖所述第一柱状部的侧面；

在所述前体层制作图案的步骤；

硬化所述前体层的步骤。

6. 根据权利要求5所述的光元件的制造方法，其中，用干蚀刻法或湿蚀刻法在所述前体层制作图案。

7. 根据权利要求4至6中任一项所述的光元件的制造方法，其中，形成所述第二绝缘层的步骤包括如下步骤：

形成绝缘层以至少覆盖所述第二柱状部的侧面的步骤；

在所述绝缘层制作图案的步骤。

-
8. 根据权利要求7所述的光元件的制造方法,其中,所述第二绝缘层通过等离子体CVD法形成。
 9. 根据权利要求7所述的光元件的制造方法,其中,用干蚀刻法或湿蚀刻法在所述第一绝缘层或第二绝缘层制作图案。
 10. 根据权利要求8所述的光元件的制造方法,其中,用干蚀刻法或湿蚀刻法在所述第一绝缘层或第二绝缘层制作图案。

光元件及其制造方法

技术领域

本发明涉及一种光元件及其制造方法。

背景技术

面发光型半导体激光器，具有随环境温度的变化而产生光输出变动的特性。因此，在使用面发光型半导体激光器的光模块中，有时具有光检测功能，用于检测面发光型半导体激光器出射的一部分激光而监控光输出值。例如，在面发光型半导体激光器中设置光电二极管等光检测元件，可以在同一元件内监控由面发光型半导体激光器射出的激光的一部分(例如，参照专利文献1:特开平10-135568号公报)。

发明内容

本发明的目的在于提供一种光元件及其制造方法，该光元件具有预定的多层绝缘层并且包括面发光型半导体激光器和光检测元件。

根据本发明的光元件，包括：面发光型半导体激光器，其包括在衬底的上方从所述衬底侧配置的第一反射器、活性层、以及第二反射器；光检测元件，其包括在所述面发光型半导体激光器的上方从所述面发光型半导体激光器侧配置的第一接触层、光吸收层、以及第二接触层；第一绝缘层，其形成于所述衬底的上方；第二绝缘

层，其形成于所述面发光型半导体激光器的上方；所述第一绝缘层覆盖第一柱状部的侧面，所述第一柱状部至少包括所述第二反射器的一部分，所述第二绝缘层覆盖第二柱状部的侧面，所述第二柱状部至少包括所述第二接触层的一部分。

在根据本发明的光元件中，所谓在特定的物质（以下，称为“A”）的上方形形成其他特定物质（以下，称为“B”），包括在A上直接形成B，或通过A上的其他物质形成B。这在根据本发明的光元件的制造方法中，同样适用。

根据该光元件，在所述第一柱状部的周围形成所述第一绝缘层，在所述第二柱状部的周围形成所述第二绝缘层。即，根据该光元件，可以在每个预定的区域（垂直于所述衬底的区域）配置期望的所述第一绝缘层以及所述第二绝缘层。

根据本发明的光元件，其中，所述第一绝缘层的膜厚度比所述第二绝缘层的膜厚度厚。

根据本发明的光元件，其中，所述第一绝缘层由树脂构成，所述第二绝缘层由无机类的电介质构成。

根据本发明的光元件，其中，所述树脂为聚亚胺系树脂、丙烯酸系树脂、环氧系树脂、或氟系树脂，所述无机类的电介质为四氮化三硅或二氧化硅。

根据本发明的光元件的制造方法，所述光元件包括面发光型半导体激光器和光检测元件，其中，所述方法包括如下步骤：在所述衬底的上方层叠半导体层的步骤，所述半导体层用于至少形成第一反射器、活性层、第二反射器、第一接触层、光吸收层、以及第二接触层；通过蚀刻所述半导体层形成第一柱状部的步骤，所述第一柱状部至少包括所述第二反射器的一部分；通过蚀刻所述半导体层

形成第二柱状部的步骤，所述第二柱状部至少包括所述第二接触层的一部分；形成第一绝缘层以覆盖所述第一柱状部的侧面的步骤；形成第二绝缘层以覆盖所述第二柱状部的侧面的步骤。

根据该光元件的制造方法，分别进行形成第一绝缘层的步骤和形成第二绝缘层的步骤。因此，可以形成具有取得上述作用及效果的第一绝缘层与第二绝缘层的光元件。

根据本发明的光元件的制造方法，其中，形成所述第一绝缘层的步骤包括如下步骤：形成前体层的步骤，所述前体层至少覆盖所述第一柱状部的侧面；在所述前体层制作图案的步骤；硬化所述前体层的步骤。

根据本发明的光元件的制造方法，其中，用干蚀刻法或湿蚀刻法在所述前体层制作图案。

根据本发明的光元件的制造方法，其中，形成所述第二绝缘层的步骤包括如下步骤：形成绝缘层以至少覆盖所述第二柱状部的侧面的步骤；在所述绝缘层制作图案的步骤。

根据本发明的光元件的制造方法，其中，通过等离子体 CVD 法形成所述绝缘层。

根据本发明的光元件的制造方法，其中，用干蚀刻法或湿蚀刻法在所述绝缘层制作图案。

附图说明

图 1 为表示根据本发明的光元件的截面示意图。

图 2 为表示根据本发明的光元件的截面示意图。

图 3 为表示根据本发明的光元件的平面示意图。

图 4 为表示根据本发明的光元件的制造方法的截面示意图。

图 5 为表示根据本发明的光元件的制造方法的截面示意图。

图 6 为表示根据本发明的光元件的制造方法的截面示意图。

图 7 为表示根据本发明的光元件的制造方法的截面示意图。

图 8 为表示根据本发明的光元件的制造方法的截面示意图。

图 9 为表示根据本发明的光元件的制造方法的截面示意图。

图 10 为表示根据本发明的光元件的制造方法的截面示意图。

图 11 为表示根据本发明的光元件的制造方法的截面示意图。

图 12 为表示根据本发明的光元件的制造方法的截面示意图。

图 13 为表示根据本发明的光元件的制造方法的截面示意图。

图 14 为表示根据本发明的光元件的截面示意图。

图 15 为表示根据本发明的光元件的截面示意图。

具体实施方式

以下，参照附图详细说明本发明的优选实施方式。

1. 光元件的结构

图1和图2为适用本发明的实施方式的光元件100的剖面示意图。另外，图3为表示图1和图2所示的光元件100的平面示意图。并且，图1为沿图3的A-A线的剖面示意图，图2为沿图3的B-B线的剖面示意图。

本实施方式的光元件100，如图1所示，包括面发光型半导体激光器140、第一绝缘层30、隔离层20、光检测元件120、以及第二绝缘层40。

下面，对面发光型半导体激光器140、第一绝缘层30、隔离层20、光检测元件120、以及第二绝缘层40、以及整体结构进行说明。

1-1. 面发光型半导体激光器

面发光型半导体激光器140，设置在半导体衬底（本实施例中为n型GaAs衬底）101上。该面发光型半导体激光器140，具有垂直谐振器。另外，该面发光型半导体激光器140，可以包括柱状的半导体堆积体（以下称为“柱状部”）130。

面发光型半导体激光器140，例如，由n型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 层和n型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 层交互层叠的40对分布反射型多层膜反射器（以下，称为“第一反射器”）102、由GaAs势阱层与 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 势垒层构成，且由包括势阱层是用三层构成的量子势阱结构的活性层103、以及25对分布反射型多层膜反射器（以下，称为“第二反射

器”) 104 依次层压而成。并且, 第二反射器 104 的最上层 14, 是 Al 成分小的即 p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 。

在本实施形态中, AlGaAs 层的 Al 成分是针对镓(Ga)的铝(Al)的成分。AlGaAs 层的 Al 成分为 0 至 1。即, AlGaAs 层包括 GaAs 层 (Al 成分为 0) 和 AlAs 层 (Al 成分为 1)。

构成第一反射器 102、活性层 103、以及第二反射器 104 的各层的成分和层数并不限于于此。并且, 第二反射器 104 的最上层 14 的 Al 成分, 优选为不足 0.3。对于其原因, 在下面说明。

第二反射器 104, 例如掺杂进碳 (C) 而形成 p 型; 第一反射器 102, 例如掺杂进硅 (Si) 而形成 n 型。从而, 由 p 型的第二反射器 104、未掺杂杂质的活性层 103、以及 n 型第一反射器 102 形成 pin 二极管。

在面发光型半导体激光器 140 中, 在从第二反射器 104 到第一反射器 102 的中间部分, 从第二反射器 104 的上表面 104a 看, 刻蚀成圆形形状, 形成圆柱部 130。在本实施例中, 虽然柱状部 130 的平面形状为圆形, 但其形状可以形成任意的形状。

在构成第二反射器 104 的层中接近于活性层 103 的区域, 形成将 AlGaAs 层从侧面氧化而得到的电流狭窄层 105。该电流狭窄层 105 形成环状。即, 该电流狭窄层 105, 与如图 1 和图 2 所示的半导体衬底 101 的表面 101a 平行的面切断时的剖面形状, 柱状部 130 的平面形状的圆形同心的圆的环状。

在面发光型半导体激光器 140 中设置有第一电极 107 以及第二电极 109。该第一电极 107 以及第二电极 109 用于驱动面发光型半导体激光器 140。

具体地，如图 1 所示，第一电极 107 设置在第一反射器 102 的上面 102a 上。如图 3 所示，第一电极 107 具有环状的平面形状。即，第一电极 107 主要围住柱状部 130。也就是说，柱状部 130 设置在第一电极 107 的内侧。

第二电极 109 设置在面发光型半导体激光器 140 的上面 104a 上。如图 3 所示，第二电极 109 包括具有环状的平面形状的连接部 109a、具有直线状的平面形状的引出部 109b、具有圆形的平面形状的垫部 109c。第二电极 109，在连接部 109a 中与第二反射器 104 电连接。第二电极 109 的引出部 109b，使连接部 109a 和垫部 109c 连接。第二电极 109 的垫部 109c 可以用作电极垫 (Electrode Pad)。第二电极 109 的连接部 109a 主要围住后述的隔离层 20。也就是说，隔离层 20 设置在第二电极 109 的内侧。

在本实施方式中，仅示出了将第一电极 107 设置在第一反射器 102 上的情况，但是，也可以将第一电极 107 设置在半导体衬底 101 的里面 101b。

第一电极 107，由例如金 (Au) 与锗 (Ge) 的合金和金 (Au) 的层压膜构成。另外，第二电极 109，例如由铂 (Pt)、钛 (Ti) 以及金 (Au) 的层压膜构成。通过第一电极 107 和第二电极 109 向活性层 103 注入电流。还有，用于形成第一电极 107 以及第二电极 109 的材料也并无限定于前面所述的材料，例如，还可以利用金 (Au) 与锌 (Zn) 的合金等。

1-2. 第一绝缘层

在根据本实施例中的光元件 100 中，形成主要围住柱状部 130 的第一绝缘层 30。第一绝缘层 30，形成于第一反射器 102 的上方。并且，第一绝缘层 30 形成于后述的第二电极 109 的引出部 109b 和

垫部 109c 的下方。并且，第一绝缘层 30 形成于后述的第二绝缘层 40 的下方。

1-3. 隔离层

本实施例中的光元件 100 中，在面发光型半导体激光器 140 上形成隔离层 20。隔离层 20 设置在面发光型半导体激光器 140 和后述的光检测元件 120 之间。具体地，如图 1 和图 2 所示，隔离层 20 设置在第二反射器 104 上。即，隔离层 20 设置在第二反射器 104 和后述的第一接触层 111 之间。

隔离层 20 的平面形状为圆形。在图示例中，隔离层 20 的平面形状与第一接触层 111 的平面形状相同。隔离层 20 的平面形状，可以比第一接触层 111 的平面形状大。对于隔离层 20，在后述的光元件的制造方法中详细说明。

1-4. 光检测元件

光检测元件 120 设置在隔离层 20 上。本实施形式中的光元件 100，光检测元件 120 的上面包括激光出射面 108。

另外，光检测元件 120 包括第一接触层 111、光吸收层 112、第二接触层 113。第一接触层 111 设置在隔离层 20 上；光吸收层 112 设置在第一接触层 111 上；第二接触层 113 设置在光吸收层 112 上。第一接触层 111 的平面形状比光吸收层 112 以及第二接触层 113 的平面形状大（参照图 1 以及图 2）。第二接触层 113 和光吸收层 112 构成柱状的半导体堆积体。

第一接触层 111 可以由例如 n 型 GaAs 层构成；光吸收层 112 可以由例如未掺杂杂质的 GaAs 层构成；第二接触层 113 可以由例如 p 型 GaAs 层构成。具体地，第一接触层 111，例如通过掺杂进

硅 (Si) 而形成 n 型; 第二接触层 113, 例如通过掺杂进碳 (C) 而形成 p 型。从而, 由 p 型第二接触层 113、未掺杂杂质的光吸收层 112、以及 n 型第一接触层 111 形成 pin 二极管。

在光检测部 120 上, 设置有第三电极 116 以及第四电极 110。该第三电极 116 以及第四电极 110 用于驱动光检测元件 120。具体地, 如图 1 和图 2 所示, 第三电极 116 覆盖第一接触层 111。第三电极 116 的一部分形成于上述的第二电极 109 上。即, 第三电极 116 与第二电极 109 电连接。如图 3 所示, 第三电极 116 具有环状的平面形状。即, 第三电极 116 主要围住第一接触层 111 和第二绝缘层 40。也就是说, 第一接触层 111 和第二绝缘层 40 设置在第三电极 116 的内侧。

如图 3 所示, 第四电极 110 包括具有环状的平面形状的连接部 110a、具有直线状的平面形状的引出部 110b、具有圆形的平面形状的垫部 110c。第四电极 110, 在连接部 110a 中与第二接触层 113 电连接。第四电极 110 的引出部 110b, 使连接部 110a 和垫部 110c 连接。第四电极 110 的垫部 110c 可以用作电极垫。第四电极 110 设置在光检测元件 120 的上表面 (第二接触层 113 上)。第四电极 110 上设置有开口部 114, 通过该开口部 114 裸露第二接触层 113 上面的一部分。该裸露的面为激光出射面 108。从而, 通过恰当设定开口部 114 的平面形状及大小, 便可以恰当设定出射面 108 的形状及大小。在本实施方式中, 如图 3 所示, 示出的出射面 108 为圆形。

在本实施方式的光元件 100 中, 第三电极 116 可以使用与第一电极 107 相同的材质形成, 而第四电极 110 则可以使用与第二电极 109 相同的材质形成。

1-5. 第二绝缘层

在本实施方式的光元件 100 中，形成主要围住光吸收层 112 和第二接触层 113 的第二绝缘层 40。如图 1 至 3 所示，第二绝缘层 40 形成于第一接触层 111、第二反射器 104、以及第一绝缘层 30 的上方。并且，第二绝缘层 40 形成于第四电极 110 的引出部 110b 和垫部 110c 的下方。

1-6. 整体结构

在本实施方式的光元件 100 中，由面发光型半导体激光器 140 的 n 型第一反射器 102 以及 p 型第二反射器 104、以及光检测元件 120 的 n 型第一接触层 111 以及 p 型第二接触层 113 整体构成 npnp 结构。

光检测元件 120，具有监测由面发光型半导体激光器 140 产生的光输出的功能。具体地，光检测元件 120，将由面发光型半导体激光器 140 产生的光变换为电流。根据该电流值，检测由面发光型半导体激光器 140 产生的光输出。

更具体地，在光检测元件 120 中，由面发光型半导体激光器 140 产生的光的一部分被吸收层 112 所吸收，而通过该被吸收的光在光吸收层 112 中生成光激励，并生成电子及空穴。通过从元件外部施加的电场，电子向第三电极 116 迁移，而空穴则向第四电极 110 迁移。其结果，在光检测元件 120 中，沿从第一接触层 111 到第二接触层 113 的方向生成电流。

另外，面发光型半导体激光器 140 的光输出，主要取决于施加在面发光型半导体激光器 140 上的偏置电压。面发光型半导体激光器 140 的光输出会因为面发光型半导体激光器 140 的周围温度及面

发光型半导体激光器 140 的寿命不同而产生大幅度的变化。因此，在面发光型半导体激光器 140 中需要维持预定的光输出。

在根据本实施形式的光元件 100 中，通过监测由面发光型半导体激光器 140 产生的光输出、调整基于光检测元件 120 产生的电流值施加在面发光型半导体激光器 140 上的电压，从而调整在面发光型半导体激光器 140 内流动的电流值。因此，可以在面发光型半导体激光器 140 中维持预定的光输出。可利用外部电子电路（驱动电路：图中未示出）实施反馈控制，该反馈控制是将面发光型半导体激光器 140 的光输出反馈为施加在面发光型半导体激光器 140 的电压值。

2. 光元件的动作

以下示出了本实施方式的光元件 100 的常规动作。下述的光元件 100 的驱动方法仅仅是一个例子，在不超出本发明宗旨的前提下可作种种的变形。

首先，通过第一电极 107 和第二电极 109 向 pin 二极管施加正方向的电压时，在面发光型半导体激光器 140 的活性层 103 中，引起电子和空穴的再结合并因该再结合而发光。此时生成的光在第二反射器 104 与第一反射器 102 之间往返时，引起受激发射，从而放大光的强度。当光增益超过光损失时，将发生激光振荡，从第二反射器 104 的上面 104a 射出激光，入射到隔离层 20。之后，该激光入射到光检测元件 120 的第一接触层 111。

其次，在光检测元件 120 中，入射到第一接触层 111 的光，随后入射到光吸收层 112。该入射光的一部分在光吸收层 112 被吸收，结果，在光吸收层 112 中生成光激励，并生成电子和空穴。另外，通过施加在元件外部的电场，电子向第三电极 116 移动，而空穴则

向第四电极 110 移动。其结果，在光检测元件 120 生成从第一接触层 111 到第二接触层 113 方向的电流(光电流)。通过检测该电流值，可检测面发光型半导体激光器 140 的光输出。

3. 光元件的制造方法

下面，围绕适用本发明的第一实施方式的光元件 100 的制造方法的一例，参照图 4~图 13 进行说明。图 4~图 13 为图 1 至 3 所示的光元件 100 的一个制造过程的剖面示意图，各自对应于图 1 所示的剖面图。

(1)首先，在由 n 型 GaAs 构成的半导体衬底 101 的表面 101a 上，通过一边调整组成一边进行外延生长的方法，形成如图 4 所示的半导体多层膜 150。其中，半导体多层膜 150 例如，可由以下部分构成：n 型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 层和 n 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 层交替层叠的 40 对第一反射器 102；包括由 GaAs 势阱层和 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 阻挡层构成的且由 3 层构成势阱层的多量子阱结构的活性层 103；由 p 型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 层和 p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 层交替层叠的 5 对第一区 104a 以及 20 对第二区 104b 构成的第二反射器 104、由 n 型 GaAs 构成的第一接触层 111、由未掺杂杂质的 GaAs 构成的光吸收层 112、以及由 p 型 GaAs 构成的第二接触层 113 组成。通过将这些层按序层叠在半导体衬底 101 上，形成了半导体多层膜 150。并且，隔离层 20 也可以由 p 型或 n 型 AlGaAs 层构成。

隔离层 20 可以是使用后述的第二蚀刻剂时的蚀刻率，比第二反射器 104 的最上层 14 使用第二蚀刻剂时的蚀刻率大。具体地，例如隔离层 20，可以由具有比第二反射器 104 的最上层 14 的 Al 成分大的 Al 成分的 AlGaAs 层构成。也就是说，使第二反射器 104 生长的时候，第二反射器 104 的最上层 14，由 Al 成分比隔离层 20 的 Al 成分小的 AlGaAs 层构成。更具体地，优选形成如下所述的第

二反射器 104 的最上层 14 和隔离层 20, 例如, 第二反射器 104 的最上层 14 的 Al 成分不足 0.3, 隔离层 20 的 Al 成分大于 0.3。

隔离层 20 可以是使用后述的第一蚀刻剂时的蚀刻率, 比第一接触层 111 使用第一蚀刻剂时的蚀刻率小。具体地, 例如隔离层 20, 可以由具有比第一接触层 111 的 Al 成分大的 Al 成分的 AlGaAs 层构成。也就是说, 使第一接触层 111 生长的时候, 第一接触层 111, 由 Al 成分比隔离层 20 的 Al 成分小的 AlGaAs 层 (包括 GaAs) 构成。更具体地, 优选形成如下所述的第一接触层 111 和隔离层 20, 例如, 第一接触层 111 的 Al 成分不足 0.3, 隔离层 20 的 Al 成分大于 0.3。

在使第二反射器 104 生长时, 在活性层 103 附近形成的至少一层, 之后进行氧化, 形成要变成电流狭窄层 105 的层 (参照图 9)。具体地, 成为电流狭窄层 105 的层, 是 Al 成分比隔离层 20 的 Al 成分大的 AlGaAs 层 (包括 AlAs)。也就是说, 隔离层 20 可以是 Al 成分比成为电流狭窄层 105 的层小的 AlGaAs 层。因此, 在后述的形成电流狭窄层 105 的氧化步骤中 (参照图 9), 隔离层 20 可以不被氧化。具体地, 例如, 优选使成为电流狭窄层 105 的层的 Al 成分大于等于 0.95, 使隔离层 20 的 Al 成分不足 0.95。

当面发光型半导体激光器 140 (参照图 1 和图 2) 的设计波长为 λ 的时候, 隔离层 20 的光学膜厚例如可以为 $\lambda/4$ 的奇数倍。

第一接触层 111、光吸收层 112、以及第二接触层 113 的光学膜厚度的总和, 即, 整个光检测元件 120 (参照图 1 和图 2) 的光学膜厚度例如可以为 $\lambda/4$ 的奇数倍。其结果, 整个光检测元件 120 可以作为分布反射型反射器起作用。即, 在面发光型半导体激光器 140 的活性层 103 的上方, 整个光检测元件 120 可以作为分布反射

型反射器起作用。因此，不会影响面发光型半导体激光器 140 的特性，光检测元件 120 可以作为分布反射型反射器起作用。

优选在后工序形成第二电极 109 时，要提高第二反射器 104 的至少与第二电极 109 连接部分附近的载流子密度，使其容易取得与第二电极 109 的欧姆性接触。同样，要在第一接触层 111 中的至少与第三电极 116 连接部分附近，提高载流子密度，以使容易取得与第三电极 116 的欧姆性接触。

进行外延生长时的温度，根据生长方法和原料以及半导体衬底 101 的种类或者形成半导体多层膜 150 的种类、厚度和载流子密度适当决定，一般优选为 450℃至 800℃。另外，也和温度一样，适当决定外延生长时的所需时间。外延生长方法可以采用有机金属气相生长法（MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy）及 MBE（分子束外延法: Molecular Beam Epitaxy）法或 LPE（液相外延法: Liquid Phase Epitaxy）法。

(2) 然后，将第二接触层 113 和光吸收层 112 形成预定形状的图案（参照图 5）。

首先，在半导体多层膜 150 上涂敷光致抗蚀剂（无图示）之后，采用光刻法在该光致抗蚀剂层上形成图案，形成预定图案的抗蚀剂层 R1。

然后，把抗蚀剂层 R1 作为掩模，例如，采用干蚀刻法对第二接触层 113 和光吸收层 112 进行蚀刻。由此形成第二接触层 113 和具有第二接触层 113 相同平面形状的光吸收层 112。第二接触层 113 和光吸收层 112 构成柱状的半导体堆积体。之后，去掉抗蚀剂层 R1。

(3)接着,将第一接触层 111 形成规定形状的图案(参照图 6)。具体来讲,首先在第一接触层 111 上涂敷抗蚀剂(无图示),然后采用光刻法使该抗蚀剂层上形成图案,从而形成规定图形的抗蚀剂层 R2。

其次,将抗蚀剂层 R2 作为掩模,用第一蚀刻剂蚀刻第一接触层 111。此时,在第一接触层 111 的下面配置隔离层 20,由于隔离层 20 作为蚀刻阻层起作用,隔离层 20 露出第一接触层 111 的蚀刻,因此,精确且容易。在下面,进行具体的说明。

如上所述,隔离层 20 可以是,用第一蚀刻剂的蚀刻率比用第一蚀刻剂的第一接触层 111 的蚀刻率小。即,首先,第一接触层 111 用大的蚀刻率将隔离层 20 蚀刻直到露出为止。于是,隔离层 20 露出。

隔离层 20 的蚀刻率比第一接触层 111 的蚀刻率小。换句话说,隔离层 20 比第一接触层 111 不易被蚀刻。从而,隔离层 20 露出的时候,由于用第一蚀刻剂的蚀刻不易发生,因此,在此时容易停止蚀刻。即,在露出 20 的时候,能够准确且容易停止第一接触层 111 蚀刻。

更具体地,例如,隔离层 20 可以由 A1 成分比第一接触层 111 的 A1 成分大的 AlGaAs 层构成。并且,可以选择第一蚀刻剂,其在 A1 成分大的 AlGaAs 层中的蚀刻率小, A1 成分小的 AlGaAs 层中的蚀刻率大。即,选择第一蚀刻剂,其可以选择性地蚀刻 A1 成分小的 AlGaAs 层。因此,可以使用第一蚀刻剂的隔离层 20 的蚀刻率小于用第一蚀刻剂的第一接触层 111 的蚀刻率。

如上所述,隔离层 20 的 A1 成分优选为 0.3 以上,且第一接触层 111 的 A1 成分不足 0.3。此时,作为第一蚀刻剂可以使用氨和过

氧化氢和水的混合溶液。例如，氨和过氧化氢和水的混合比例可以是 1:10:150，但是，混合比例没有特别限定，可以适当选择。

因此，图 6 所示，形成光检测元件 120。光检测元件 120 包括第二接触层 113、光吸收层 112、以及第一接触层 111。并且，第一接触层 111 的平面形状比第二接触层 113 及光吸收层 112 的平面形状大。

在上述步骤中，说明了在第二接触层 113 及光吸收层 112 形成图案后，在第一接触层 111 形成图案的情况，但也可以在第一接触层 111 形成图案后，在第二接触层 113 及光吸收层 112 形成图案。

(4) 其次，在隔离层 20 形成预定形状的图案（参照图 7）。具体地，将上述抗蚀剂层 R2 作为掩模，用第二蚀刻剂蚀刻隔离层 20。这时，在隔离层 20 的下面，设置有第二反射器 104 的最上层 14，由于第二反射器 104 的最上层 14 作为蚀刻阻层起作用，在第二反射器 104 的最上层 14 露出的时候，正确且容易停止蚀刻隔离层 20。在下面，进行详细的说明。

如上所述，隔离层 20 可以是，用第二蚀刻剂的蚀刻率比用第二蚀刻剂的第二反射器 104 的最上层 14 的蚀刻率大。即，首先，第二反射器 104 的最上层 14 用大的蚀刻率将隔离层 20 蚀刻直到露出为止。于是，第二反射器 104 的最上层 14 露出。

第二反射器 104 的最上层 14 的蚀刻率比隔离层 20 的蚀刻率小。换句话说，第二反射器 104 的最上层 14 比隔离层 20 不易被蚀刻。从而，第二反射器 104 的最上层 14 露出的时候，由于用第二蚀刻剂的蚀刻不易发生，因此，在此时容易停止蚀刻。即，在露出第二反射器 104 的最上层 14 的时候，能够准确且容易停止隔离层 20 的蚀刻。

更具体地，例如，隔离层 20 可以由 A1 成分比第二反射器 104 的最上层 14 的 A1 成分大的 AlGaAs 层构成。并且，可以选择第二蚀刻剂，其在 A1 成分大的 AlGaAs 层中的蚀刻率大，A1 成分小的 AlGaAs 层中的蚀刻率小。即，选择第二蚀刻剂，其可以选择性地蚀刻 A1 成分大的 AlGaAs 层。因此，可以使用第二蚀刻剂的隔离层 20 的蚀刻率大于用第二蚀刻剂的第二反射器 104 的最上层 14 的蚀刻率。

如上所述，隔离层 20 的 A1 成分优选为 0.3 以上，且第二反射器 104 的最上层 14 的 A1 成分不足 0.3。此时，作为第二蚀刻剂可以使用氟化酸。此氟化酸浓度例如可以是 0.1%，但没有特别限定，可以适当选择。

因此，图 7 所示，形成被形成图案的隔离层 20。其后，抗蚀剂层 R2 被去除。如图所示，隔离层 20 的平面形状与第一接触层 111 的平面形状相同，但隔离层 20 的平面形状可以比第一接触层 111 的平面形状大。具体地，采用比抗蚀剂层 R2 的平面形状大的其他抗蚀剂层，代替上述在隔离层 20 形成图案时的抗蚀剂层 R2，在隔离层 20 形成图案。

(5) 其次，根据形成图案，形成包括柱状部 130 的面发光型半导体激光器 140 (参照图 8)。具体地，首先，在第二反射器 104 上涂布抗蚀剂 (无图示) 后，通过光刻法在该抗蚀剂层形成图案，形成预定图案的抗蚀剂层 R3。其次，将抗蚀剂层 R3 作为掩模，例如，通过干蚀刻法蚀刻第二反射器 104、活性层 103、以及第一反射器 102 的一部分。因此，如图 8 所示，形成柱状部 130。

根据以上步骤，在半导体衬底 101 上，形成包括柱状部 130 的垂直共振器 (面发光型半导体激光器 140)。即，形成面发光型半导

体激光器 140、隔离层 20、以及光检测元件 120 的叠层体。然后，抗蚀剂层 R3 被除去。

在本实施方式中，如上所述，对首先形成光检测元件 120 和隔离层 20 然后形成柱状部分 130 的情况进行了说明，但是也可以在形成柱状部分 130 后形成光检测元件 120 和隔离层 20。

(6) 接着，例如，将采用上述工艺已经形成柱状部分 130 的半导体衬底 101 放到 400℃ 的水蒸气介质气体中，从侧面对第二反射器 104 中设置的 Al 成分大的层进行氧化，形成狭窄电流层 105 (参照图 9)。如上所述，在该步骤中，隔离层 20 可以不被氧化。

氧化率取决于炉温、水蒸气的供给量、应氧化层的 Al 组成以及膜厚度。在具有因氧化而形成的电流狭窄层的面发光型半导体激光器中，在驱动时，电流只在未形成电流狭窄层的部分 (未氧化部分) 流动。从而，在通过氧化而形成电流狭窄层的步骤中，通过控制形成电流狭窄层 105 的范围，可以控制电流密度。

另外，优选调整电流狭窄层 105 的直径，使从面发光型半导体激光器 140 发射的大部分光能够入射第一接触层 111。

(7) 其次，如图 10 所示，在第一反射器 102 上，在柱状部 130 的周围，形成第一绝缘层 30。第一绝缘层 30 可以使用与第二绝缘层 40 相比易厚膜化的物质。例如，第一绝缘层 30 可以采用根据热或光等的能量将可硬化的液体材料 (例如紫外线硬化型树脂和热硬化型树脂的前体) 通过硬化作用得到的物质。作为紫外线硬化型树脂，例如，有紫外线硬化型丙烯系树脂及环氧系树脂。并且，作为热硬化型树脂，有热硬化型聚酰亚胺系树脂。另外，例如，第一绝缘层 30 可以采用多个上述材料作为叠层膜。

在此，作为形成第一绝缘层 30 的材料，采用聚酰亚胺系树脂前体。首先，例如，使用自旋涂布法将前体（聚酰亚胺系树脂前体）涂布在半导体衬底 101 上，形成前体层。并且，作为前体层的形成方法，除了自旋涂布法，也可以使用浸渍法、喷涂法、喷墨法等公知技术。

接着，将此半导体衬底 101，例如使用电炉等加热去除溶媒后，放入 350°C 左右的炉内，通过将前体层酰亚胺化，形成几乎完全硬化的聚酰亚胺系树脂层。然后，如图 10 所示，通过采用众所周知的光刻法技术在聚酰亚胺系树脂层形成图案，形成第一绝缘层 30。作为形成图案时使用的蚀刻法，可以采用干蚀刻法等。干蚀刻法例如可通过氧或氟等等离子体进行蚀刻。

并且，在上述的第一绝缘层 30 的形成方法中，硬化聚酰亚胺系树脂的前体层之后，进行图案形成，但是，也可以在硬化聚酰亚胺系树脂的前体层之前，进行图案形成。作为在形成图案时使用的蚀刻方法，可以使用湿蚀刻法。湿蚀刻，例如可利用碱溶液或有机溶液等进行。

(8) 其次，如图 11 所示，在第一接触层 111 上，在第二柱状部 132 的周围形成第二绝缘层 40。第二绝缘层 40 可以采用比第一绝缘层 30 更容易进行精细加工的物质。第二绝缘层 40 的膜厚度例如是 0.1~0.5 μm ，但并不限于于此，可以比第一绝缘层 30 的膜厚度薄。例如，第二绝缘层 40 可以采用二氧化硅膜和四氯化三硅膜等无机类的电介质膜、或其叠层膜。下面，具体说明第二绝缘层 40 的形成方法。

首先，在形成面发光型半导体激光器 140 及光检测元件 120 的半导体衬底 101 上全面形成绝缘层（未图示）。此绝缘层通过等离子体 CVD 法等形式形成。另外，将此绝缘层通过采用众所周知的光刻

法进行图案形成，形成第二绝缘层 40。如上所述，第二绝缘层 40 的图案形成可以进行比第一绝缘层 30 更精细的加工。作为形成此图案时使用的蚀刻法，可以使用干蚀刻法或湿蚀刻法等。干蚀刻法是通过含有氟基的等离子体进行。湿蚀刻是通过氟酸进行。

(9)然后，在第二反射器 104 的上面 104a，形成第二电极 109；而在光检测元件 120 的上面（第二接触层 113 的上面 113a），形成第四电极 110（参照图 12）。

首先，在形成第二电极 109 以及第四电极 110 之前，根据需要，可以利用等离子体处理法将第二反射器 104 的上面 104a 以及第二接触层 113 上表面的 113a 洗净。从而，形成具有更稳定特性的元件。

其次，通过例如真空蒸镀法，形成例如铂（Pt）、钛（Ti）以及金（Au）的层叠膜（图中未示出）。然后，采用剥离法（lift-off），将规定位置之外的层叠膜去掉，形成第二电极 109 和第四电极 110。此时，在第二接触层 113 的上面 113a，形成没有被形成所述层叠膜的部分。该部分为开口部分 114，通过开口部分 114，露出一部分第二接触层 113 的上面 113a。该露出的面为激光的出射面 108。

如上所述，第二电极 109 至少含有铂（Pt）。第二电极 109 可以使用金（Au）和锌（Zn）的合金，但第二电极 109 优选含有铂。下面，说明其原因。

根据本实施形态的光元件 100，第二电极 109 与 p 型第二反射器 104 接触（参照图 1 及图 2）。如果在第二电极 109 中含锌（Zn），由于锌比铂的热扩散量大，在后述退火步骤中，锌扩散至 p 型第二反射器中，可能到达邻接的 n 型第一接触层 111。在 GaAs 层构成的第一接触层 111 上，锌为 p 型掺杂物，因此，可能造成 n 型第一接触层 111 的性质变成 p 型。其结果是，在光检测元件 120 中，pin

构造可能被破坏。而铂与锌相比，由于热扩散量小，因此，能够防止 n 型第一接触层 111 向 p 型改变。

另外，在上述步骤中，代替剥离法可采用干蚀刻法或湿蚀刻法。另外，在上述步骤中，代替真空蒸镀法可采用喷射法。另外，在上述步骤中，第二电极 109 及第四电极 110 同时形成图案，但第二电极 109 及第四电极 110 可以各自形成图案。

(10) 其次，采用同样的方法，例如，在金 (Au) 和锗 (Ge) 的合金和金 (Au) 的叠层膜上形成图案，在面发光型半导体激光器 140 的第一反射器 102 上形成第一电极 107，在光检测元件 120 的第一接触层 111 上形成第三电极 116 (参照图 13)。第一电极 107 及第三电极 116 可同时形成图案，或第一电极 107 及第三电极 116，可各自形成图案。

(11) 其次，进行退火。根据电极材料决定退火的温度。对于在本实施形态中采用的电极材料，通常在 400℃ 左右进行。通过以上步骤，形成第一至第四电极 107、109、110、116。

根据以上步骤，如图 1~图 3 所示，得到本实施形态的光元件 100。

4. 作用和效果

根据本实施形态的光元件 100 及其制造方法，具有如下所述的作用和效果。

根据本实施形态的光元件 100，在第一柱状部 130 的周围形成第一绝缘层 30，在第二柱状部 132 的周围形成第二绝缘层 40。即，根据本实施形态的光元件 100，可以在每个预定的区域 (垂直于所述衬底 101 的区域) 配置期望的第一绝缘层以及第二绝缘层。具体

地，可以在具有面发光型半导体激光器 140 的第一柱状部 130 的区域形成第一绝缘层 30。并且，可以在具有光检测元件 120 的第二柱状部 132 的区域形成第二绝缘层 40。

根据本实施形态的光元件 100，在第一柱状部 130 的周围形成第一绝缘层 30。第一绝缘层 30 与第二绝缘层 40 相比，容易厚膜化。通过形成厚的第一绝缘层 30，可降低面发光型半导体激光器 140 的寄生电容。其结果，可以实现面发光型半导体激光器 140 的高速驱动。

根据本实施形态的光元件 100，在第二柱状部 132 的周围形成第二绝缘层 40。第二绝缘层 40 与第一绝缘层 30 相比容易进行精细加工。通过对第二绝缘层 40 进行精细加工，使在光检测元件 120 中具有精细且复杂构造的电极进行绝缘。

根据本实施形态的光元件 100 的制造方法，分别进行形成第一绝缘层 30 的步骤和形成第二绝缘层 40 的步骤。因此，可以形成具有取得上述作用及效果的第一绝缘层 30 与第二绝缘层 40 的光元件 100。

根据本实施形态的光元件 100 的制造方法，在蚀刻第一接触层 111 的步骤中，由于在第一接触层 111 的下面存在隔离层 20，此隔离层 20 具有作为蚀刻阻层的功能，因此能够高精度、正确、容易的进行第一接触层 111 的蚀刻。

根据本实施形态的光元件 100，第一接触层 111 的 A1 成分比隔离层 20 的 A1 成分少。从而，由于可以使第一接触层 111 的 A1 成分少，因此容易得到第一接触层 111 与第三电极 116 的欧姆性接触。如上所述，第一接触层 111 的 A1 成分优选为不足 0.3。由于第

一接触层 111 的 A1 成分不足 0.3，得到很好的第一接触层 111 与第三电极 116 的欧姆性接触。

根据本实施形态的光元件 100 及其制造方法，在蚀刻隔离层 20 的步骤中，由于在隔离层 20 的下面存在第二反射器 104 的最上层 14，此第二反射器 104 的最上层 14 具有作为蚀刻阻层的功能，因此能够高精度、正确、容易的露出第二反射器 104 的最上层 14 的上面。

根据本实施形态的光元件 100，第二反射器 104 的最上层 14 的 A1 成分比隔离层 20 的 A1 成分少。从而，由于可以使第二反射器 104 的最上层 14 的 A1 成分少，因此容易得到第二反射器 104 的最上层 14 与第二电极 109 的欧姆性接触。如上所述，第二反射器 104 的最上层 14 的 A1 成分优选为不足 0.3。由于第二反射器 104 的最上层 14 的 A1 成分不足 0.3，得到很好的第二反射器 104 的最上层 14 与第二电极 109 的欧姆性接触。

根据本实施形态的光元件 100，隔离层 20 的 A1 成分比第二反射器 104 的最上层 14 的 A1 成分大，比第一接触层 111 的 A1 成分大。换句话说，在第二反射器 104 的最上层 14 上，形成具有比第二反射器 104 的最上层 14 的 A1 成分大的隔离层 20。并且，在隔离层 20 上，形成具有 A1 成分比该隔离层 20 的 A1 成分小的第一接触层 111。如上所述，通过层叠 A1 成分不同的层，可以将此叠层膜（第二反射器 104 的最上层 14、隔离层 20、及第一接触层 111）作为反射器使用。也就是说，在面发光型半导体激光器 140 的特性不受影响的情况下，采用隔离层 20 及第一接触层 111 作为反射器，提高装置的设计自由度。

根据本实施形态的光元件 100，通过使隔离层 20 的光学膜厚成为 $\lambda/4$ 的奇数倍，隔离层 20 具有作为分布反射型反射器的功能。也

就是说，在面发光型半导体激光器 140 中第二反射器 104 及隔离层 20，在活性层 103 的上方，具有作为分布反射型反射器的功能。从而，不影响面发光型半导体激光器 140 的特性，隔离层 20 具有作为分布反射型反射器的功能。

根据本实施形态的光元件 100，形成不被氧化的隔离层 20。也就是说，在根据本实施形态的光元件 100 及其制造方法中，在用于形成电流狭窄层 105 的氧化步骤中，可以使隔离层 20 不被氧化。由于隔离层 20 不被氧化，能够防止氧化引起的强度低下。另外，由于隔离层 20 不被氧化，能够防止氧化引起的折射率低下等。其结果，隔离层 20 作为反射器起作用时，可以防止对反射率等带来不良影响。

根据本实施形态的光元件 100，用光检测元件 120 监控面发光型半导体激光器 140 的光输出的一部分，并反馈给驱动电路，修正温度等引起的输出变动，可以得到稳定的光输出。

以上说明的是本发明的优选实施形态，但本发明不限定于此，可以采取各种形态。例如，如图 14 所示，第二电极 109 和第三电极 116，可以通过连接电极 117 连接。具体地，连接电极 117，连接在第二电极 109 上面，并且，连接在第三电极 116 的上面及侧面。作为连接电极 117，可以采用金等的物质，但不限于此，可以采用众所周知的金属、合金、或其叠层膜。并且，图 14 是表示根据图 1 的剖面图。

并且，在上述实施形态中，形成第三电极 116 以覆盖第二电极 109 上面的一部分，但如图 15 所示，也可形成第二电极 109 以覆盖第三电极 116 的上面的一部分及侧面。并且，图 15 是表示根据图 1 的剖面图。

另外，在上述实施形态中，即使互相交换各半导体层的 p 型 n 型，也不会脱离本发明的宗旨。在此，面发光型半导体激光器 140 的 p 型第一反射器 102 及 n 型第二反射器 104，以及光检测元件 120 的 p 型第一接触层 111 及 n 型第二接触层 113，构成作为整体的 pnpn 结构。并且，此时，可以互相交换第二电极 109 及第三电极 116 的材料。也就是说，具体地，与 n 型第二反射器 104 连接的第二电极 109，可以采用金 (Au) 和锗 (Ge) 的合金以及金 (Au) 的叠层膜等，与 p 型第一接触层 111 连接的第三电极 116，可以采用含铂 (Pt) 的物质等。

另外，例如，在面发光型半导体激光器 140 或光检测元件 120 中的任何一方，通过互相交换各层的 p 型和 n 型，可以将面发光型半导体激光器 140 和光检测元件 120 整体变成 npn 结构或 pnp 结构。并且，此时，第二柱状部 132 可以包括第一接触层 111。

另外，在上述实施形态中，说明了在第二反射器 104 和第一接触层 111 之间形成隔离层 20 的情况，例如，在第二反射器 104 和第一接触层 111 之间可以不形成隔离层 20。

符号说明

14 最上层; 20 隔离层; 30 第一绝缘层; 40 第二绝缘层; 100 光元件; 101 衬底; 102 第一反射器; 103 活性层; 104 第二反射器; 105 电流狭窄层; 107 第一电极; 108 出射面; 109 第二电极; 110 第四电极; 111 第一接触层; 112 光吸收层; 113 第二接触层; 114 开口部; 116 第三电极; 117 连接电极; 120 光检测元件; 130 第一柱状部; 132 第二柱状部; 140 面发光型半导体激光器。

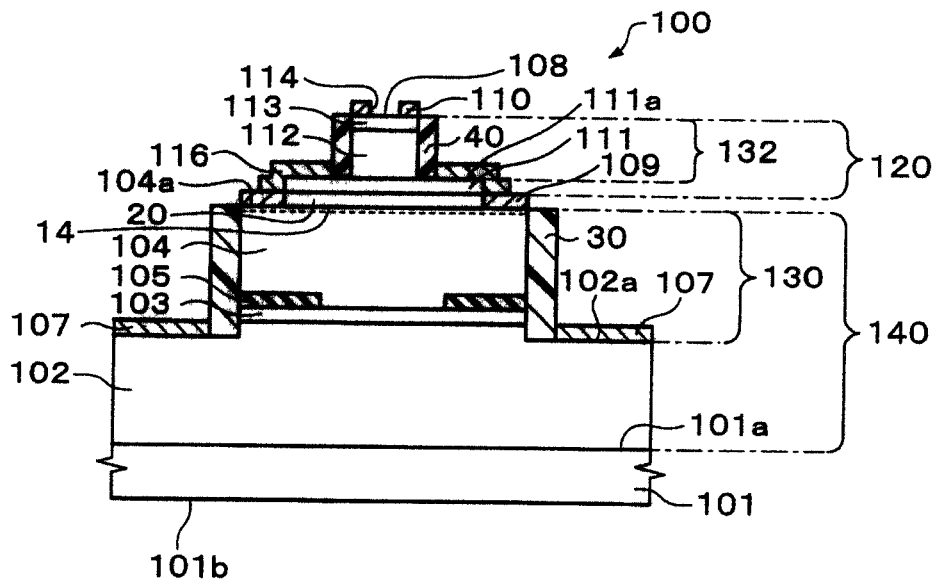


图 1

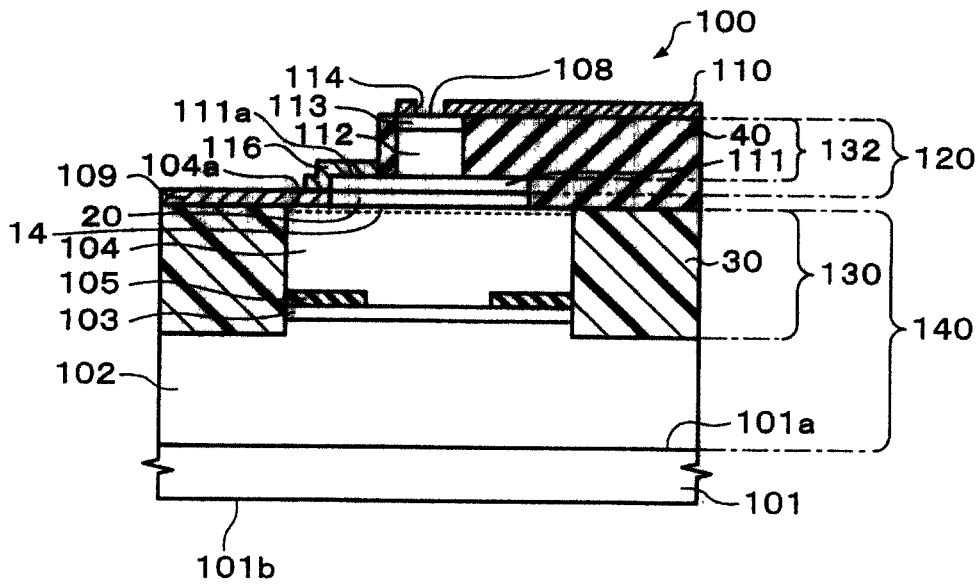


图 2

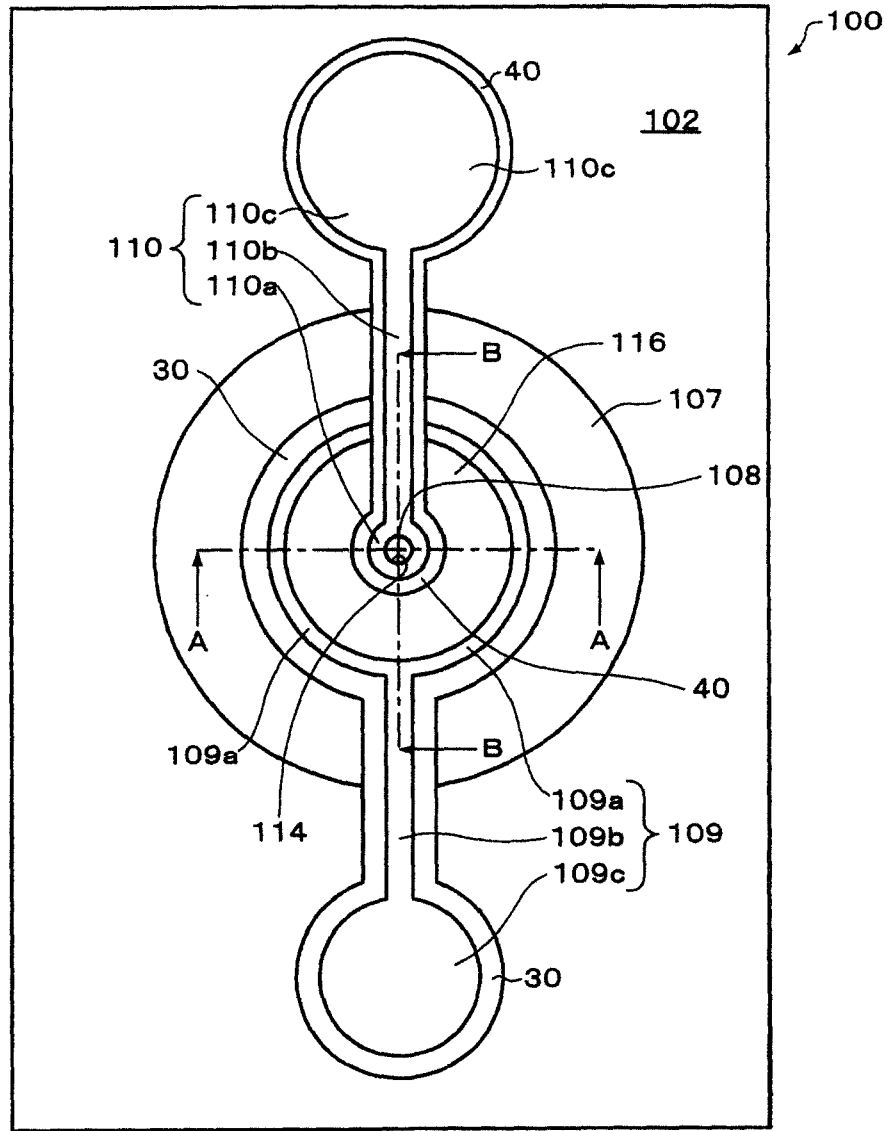


图 3

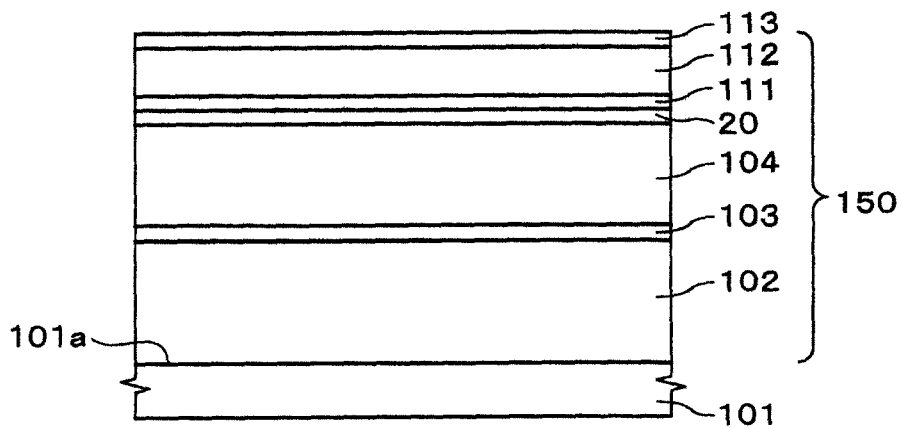


图 4

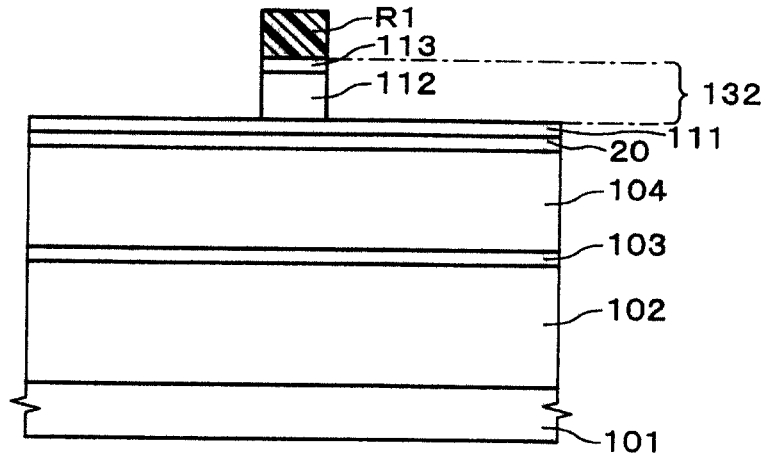


图 5

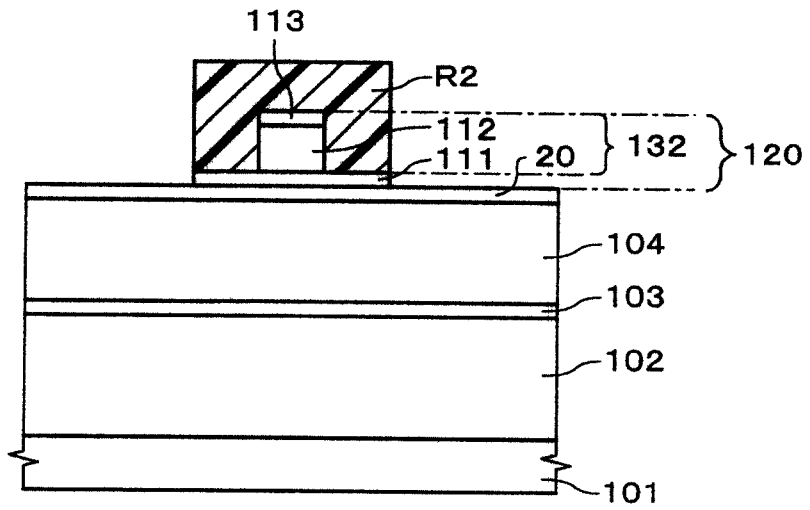


图 6

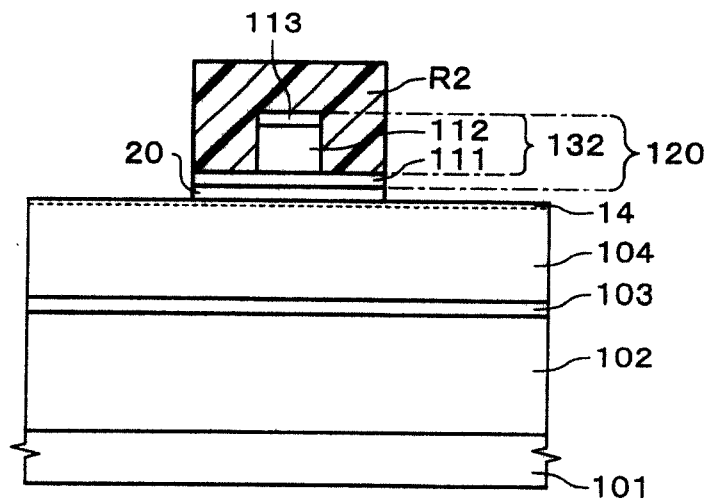


图 7

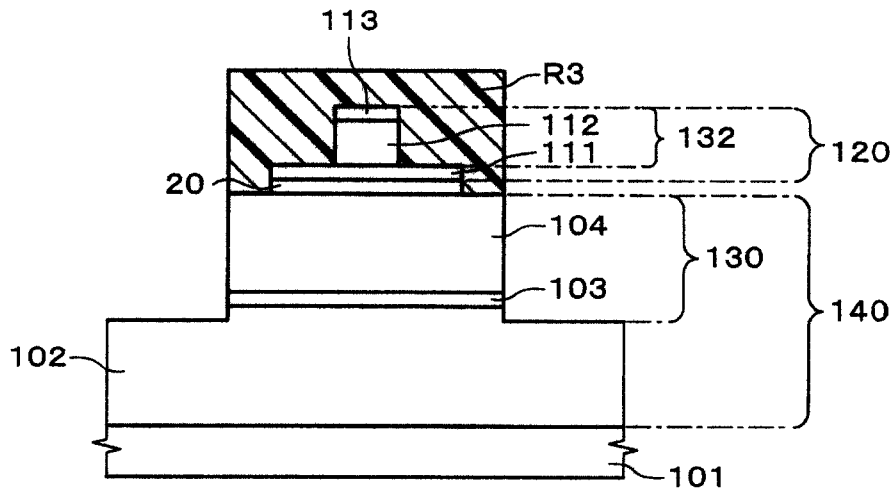


图 8

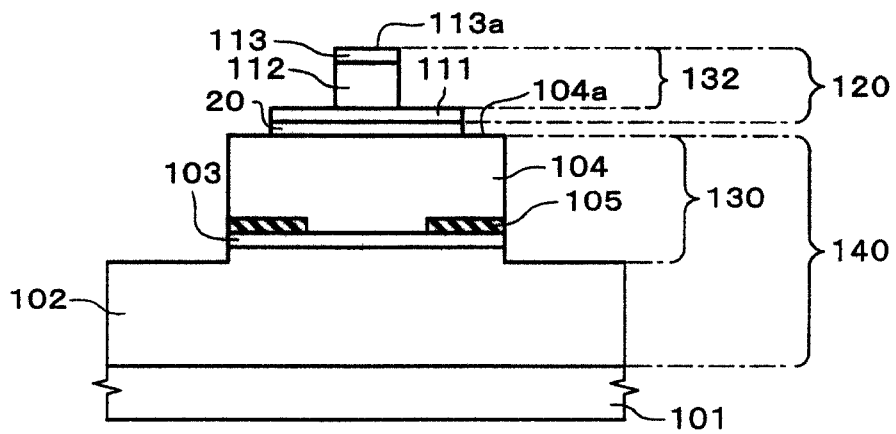


图 9

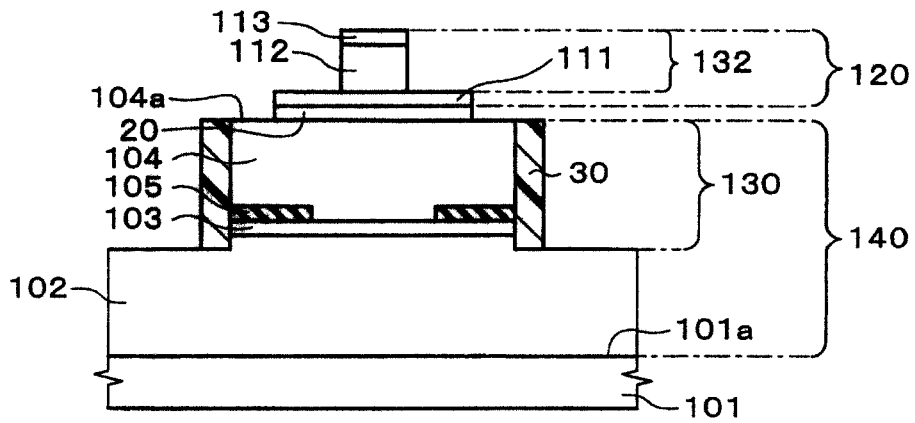


图 10

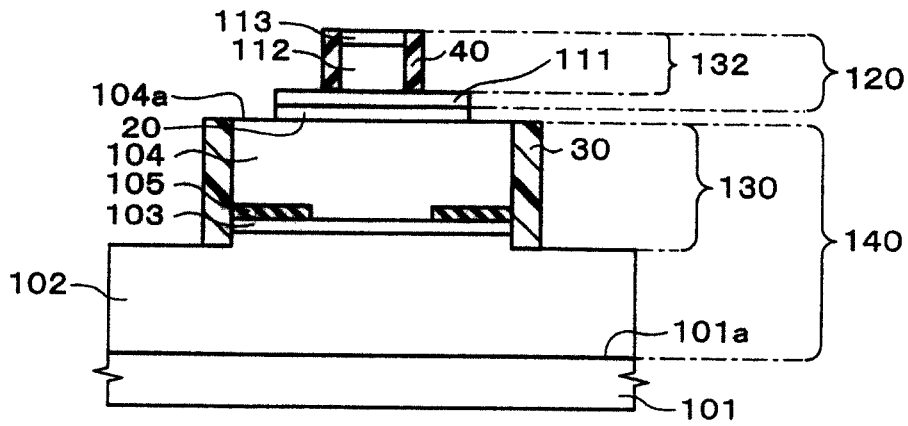


图 11

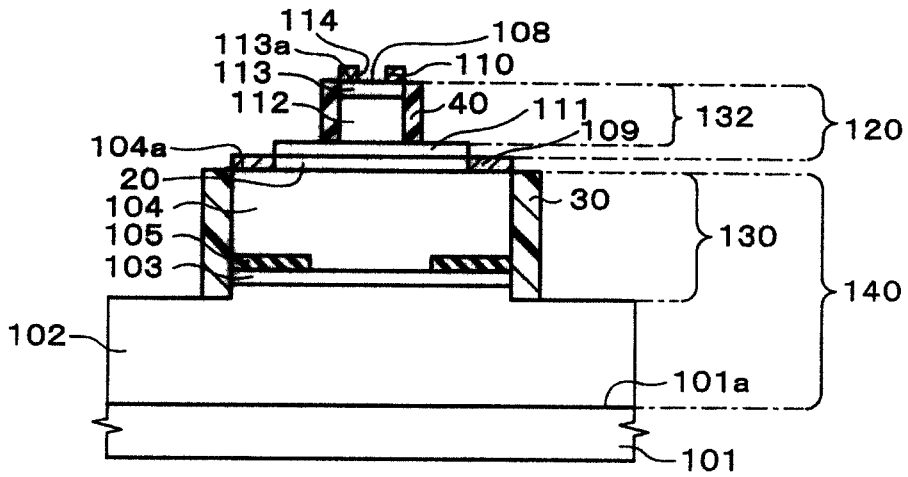


图 12

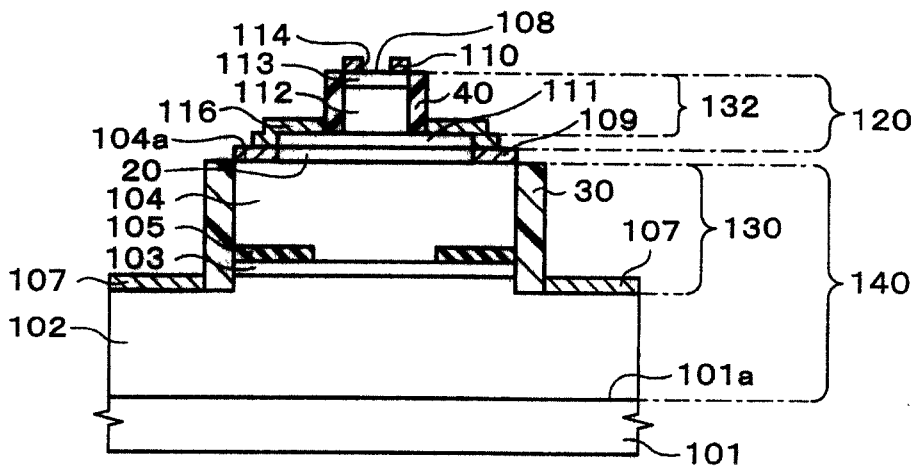


图 13

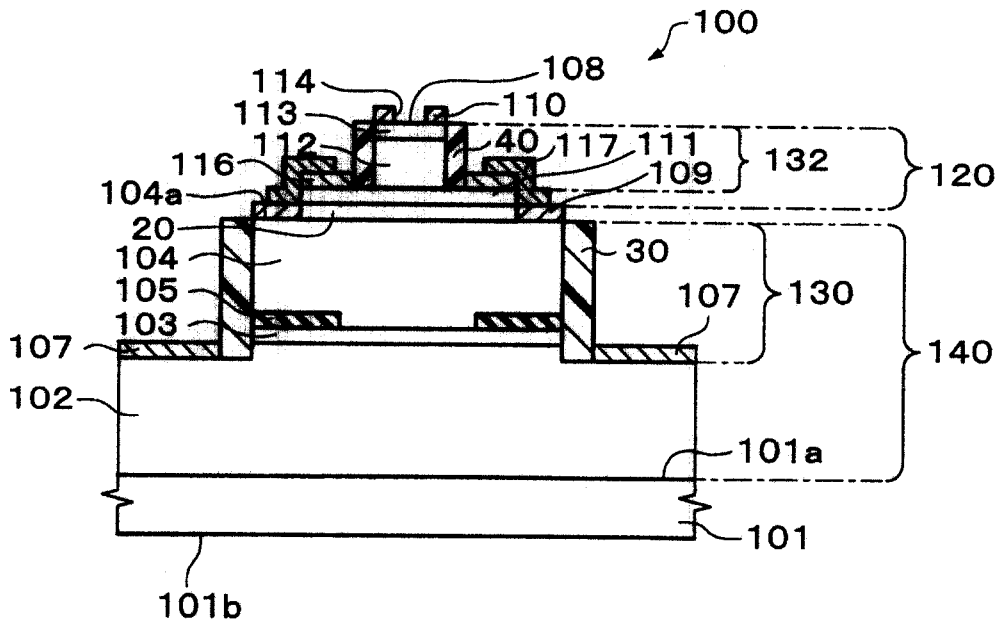


图 14

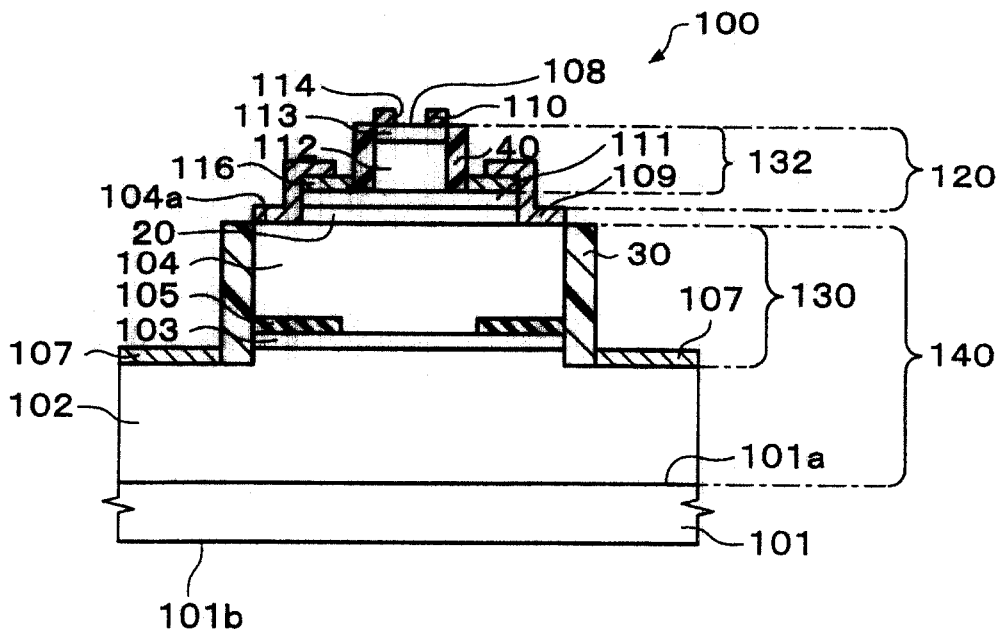


图 15