



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114175281 B

(45) 授权公告日 2024.12.31

(21) 申请号 202080054210.2

(73) 专利权人 佳能株式会社

(22) 申请日 2020.07.28

地址 日本东京

(65) 同一申请的已公布的文献号

(72) 发明人 须贺贵子 内田武志 吉冈毅

申请公布号 CN 114175281 A

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所  
有限公司 11038

(43) 申请公布日 2022.03.11

专利代理人 宋岩

(30) 优先权数据

(51) Int.CI.

2019-139551 2019.07.30 JP

H01L 33/10 (2010.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H01L 33/08 (2010.01)

2022.01.27

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据

JP 2010541217 A, 2010.12.24

PCT/JP2020/028840 2020.07.28

US 5898722 A, 1999.04.27

(87) PCT国际申请的公布数据

审查员 游润

W02021/020378 JA 2021.02.04

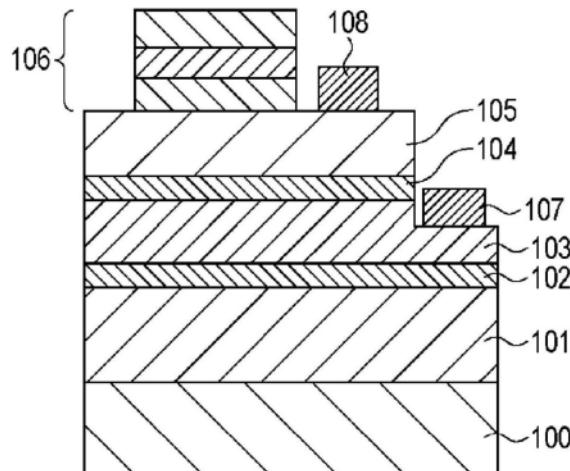
权利要求书2页 说明书12页 附图10页

## (54) 发明名称

发光元件和发光元件的制造方法

## (57) 摘要

提供了一种发光元件，该发光元件具有：第一有源层，通过注入电流来发射具有第一波长的光；第二有源层，通过吸收具有第一波长的光来发射具有不同于第一波长的第二波长的光；以及第一反射镜，在第一反射镜处具有第一波长的光的反射率大于具有第二波长的光的反射率，其中，第一反射镜被部署在比第一有源层和第二有源层靠近发射端的位置处，由第一有源层或第二有源层发射的光从发射端投射到外部。



1.一种发光元件,包括:

第一有源层,所述第一有源层通过注入电流来发射具有第一波长的光;

第二有源层,所述第二有源层通过吸收具有第一波长的光来发射具有不同于第一波长的第二波长的光;

第一反射镜,在所述第一反射镜中具有第一波长的光的反射率高于具有第二波长的光的反射率;以及

第三反射镜,在所述第三反射镜中具有第二波长的光的反射率高于具有第一波长的光的反射率,

其中,第一反射镜被部署在比第一有源层和第二有源层靠近发射端的位置处,由第一有源层或第二有源层发射的光从发射端出射到外部,

其中,在平面图中,发光元件还包括第一区域和第二区域,

其中,第一有源层和第二有源层被部署在第一区域和第二区域的每一个中,

其中,在平面图中,第一反射镜被部署在第二区域中,并且第一反射镜不被部署在第一区域中,

其中,在平面图中,第三反射镜被部署在第一区域中,

其中,在第一区域中,具有第一波长的光的发射量大于具有第二波长的光的发射量,并且

其中,在第二区域中,具有第二波长的光的发射量大于具有第一波长的光的发射量。

2.根据权利要求1所述的发光元件,其中,第一有源层被部署为比第二有源层靠近发射端。

3.根据权利要求1或2所述的发光元件,还包括第二反射镜,在所述第二反射镜中具有第一波长的光的反射率高于具有第二波长的光的反射率,

其中,第二反射镜相对于第一有源层和第二有源层被部署在与第一反射镜相对的一侧。

4.根据权利要求3所述的发光元件,其中,第一反射镜和第二反射镜构成用于具有第一波长的光的谐振器。

5.根据权利要求4所述的发光元件,其中,第二有源层中的具有第一波长的光的吸收率为3%以上且7%以下。

6.根据权利要求4所述的发光元件,其中,第二有源层中的具有第一波长的光的吸收率为4%以上且6%以下。

7.根据权利要求1或2所述的发光元件,其中,第一有源层被插入在第一导电类型的半导体层和与第一导电类型相反的第二导电类型的半导体层之间。

8.根据权利要求7所述的发光元件,其中,第二有源层被插入在第一导电类型或i型的半导体层和第一导电类型的半导体层之间。

9.根据权利要求1或2所述的发光元件,还包括基板,

其中,第一有源层、第二有源层和第一反射镜被堆叠在基板上,以及

其中,在部署在基板与被部署为离基板较远的第一有源层或第二有源层之间的半导体层中不掺杂p型掺杂剂。

10.根据权利要求1或2所述的发光元件,在平面图中,还包括发射具有与第一波长和第

二波长不同的第三波长的光的第三区域，

其中，在第三区域中，具有第三波长的光的发射量大于具有第一波长的光的发射量和具有第二波长的光的发射量。

11. 根据权利要求10所述的发光元件，还包括在第三区域中发射具有第三波长的光的第三有源层，

其中，第三有源层被部署在比第一有源层靠近发射端的位置处。

12. 根据权利要求10所述的发光元件，其中，具有第一波长的光是蓝光，第二波长的光是绿光，并且第三波长的光是红光。

13. 根据权利要求1或2所述的发光元件，其中，第一反射镜是包括具有不同的折射率的多个电介质层的分布式布拉格反射镜。

14. 根据权利要求1所述的发光元件，其中，具有第一波长的光是蓝光。

15. 根据权利要求14所述的发光元件，其中，第二波长的光是绿光。

16. 一种发光元件的制造方法，包括：

形成通过吸收具有第一波长的光来发射具有不同于第一波长的第二波长的光的第二有源层；

形成通过注入电流来发射具有第一波长的光的第一有源层；

形成具有第一波长的光的反射率高于具有第二波长的光的反射率的第一反射镜；以及形成具有第二波长的光的反射率高于具有第一波长的光的反射率的第三反射镜，

其中，第一反射镜被部署在比第一有源层和第二有源层靠近发射端的位置处，由第一有源层或第二有源层发射的光从发射端射出到外部，

其中，在平面图中，发光元件还包括第一区域和第二区域，

其中，第一有源层和第二有源层被部署在第一区域和第二区域的每一个中，

其中，在平面图中，第一反射镜被部署在第二区域中，并且第一反射镜不被部署在第一区域中，

其中，在平面图中，第三反射镜被部署在第一区域中，

其中，在第一区域中，具有第一波长的光的发射量大于具有第二波长的光的发射量，并且

其中，在第二区域中，具有第二波长的光的发射量大于具有第一波长的光的发射量。

## 发光元件和发光元件的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及发光元件和发光元件的制造方法。

### 背景技术

[0002] 专利文献1公开了用于在同一晶片上形成发射不同波长的光的发光元件的技术。在该技术中,通过多次重复在除了需要的部分以外的部分上形成掩模然后形成用于每个波长的有源层(active layer)的处理,发射不同波长的光的多个发光区域可以被形成为彼此相邻。

[0003] [引用列表]

[0004] [专利文献]

[0005] PTL 1:日本专利申请公开No.2009-70893

### 发明内容

[0006] [技术问题]

[0007] 根据如PTL1中描述的在同一基板上多次生长有源层的方法,需要通过多次将基板放置在晶体生长装置中来重复地执行用于生长用于每个波长的有源层的处理。在这种情况下,可能引起以下问题。

[0008] 首先,当生长有源层时,需要以原子级清洁生长表面。由于表面的清洁度极大影响了有源层的质量和良率,因此有源层的多次生长可能导致良率方面的退化和/或不稳定。

[0009] 有源层的生长工艺占据了发光器件的制造成本中的大比例。在多次生长有源层的情况下,对于每个生长步骤,需要包括在晶体生长装置中安装基板、升高晶体生长所需的温度等的处理时间,使得制造成本显著增加。

[0010] 如上所述,在多次生长有源层的方法中,可能存在的目标是在维持有源层的质量的同时提高良率和稳定性,并且制造成本进一步降低。因此,本发明的目的是提供可以通过较简单的工艺制造的发光元件和制造该发光元件的方法。

[0011] [问题的解决方案]

[0012] 根据本发明的一方面,提供了一种发光元件,该发光元件包括:第一有源层,通过注入电流来发射具有第一波长的光;第二有源层,通过吸收具有第一波长的光来发射具有不同于第一波长的第二波长的光;以及第一反射镜,在第一反射镜中具有第一波长的光的反射率高于具有第二波长的光的反射率,其中,第一反射镜被部署在比第一有源层和第二有源层靠近发射端的位置处,由第一有源层或第二有源层发射的光从发射端射出到外部。

[0013] 根据本发明的另一方面,提供了一种发光元件的制造方法,该制造方法包括:形成通过吸收具有第一波长的光来发射具有不同于第一波长的第二波长的光的第二有源层;形成通过注入电流来发射具有第一波长的光的第一有源层;以及形成具有第一波长的光的反射率高于具有第二波长的光的反射率的第一反射镜,其中,第一反射镜被部署在比第一有源层和第二有源层靠近发射端的位置处,由第一有源层或第二有源层发射的光从发射端射出

射到外部。

[0014] [本发明的有益效果]

[0015] 根据本发明，可以提供可以以简单工艺制造的发光元件和制造该发光元件的方法。

## 附图说明

[0016] [图1]

[0017] 图1是示意性示出了根据第一实施例的发光器件的结构的截面图。

[0018] [图2]

[0019] 图2是示意性示出了根据第二实施例的发光器件的结构的截面图。

[0020] [图3A]

[0021] 图3A是示出了第二实施例中的仿真中使用的发光器件的模型的截面图。

[0022] [图3B]

[0023] 图3B是示出了第二实施例中的仿真中使用的发光器件的模型的截面图。

[0024] [图3C]

[0025] 图3C是示出了第二实施例的仿真结果的曲线图。

[0026] [图4]

[0027] 图4是示出了第二实施例的仿真中使用的分布式布拉格反射器的反射率特性的曲线图。

[0028] [图5A]

[0029] 图5A是示出了在绿色量子阱有源层的吸收率改变时发射比例的仿真结果的曲线图。

[0030] [图5B]

[0031] 图5B是示出了在绿色量子阱有源层的吸收率改变时发射比例的仿真结果的曲线图。

[0032] [图6A]

[0033] 图6A是示意性示出了根据第三实施例的发光器件的结构的截面图。

[0034] [图6B]

[0035] 图6B是示意性示出了根据第三实施例的发光器件的结构的截面图。

[0036] [图6C]

[0037] 图6C是示意性示出了根据第三实施例的发光器件的结构的截面图。

[0038] [图7]

[0039] 图7是示意性示出了根据第四实施例的发光器件的结构的截面图。

[0040] [图8]

[0041] 图8是示意性示出了根据第五实施例的发光器件的结构的截面图。

[0042] [图9]

[0043] 图9是示意性示出了根据第六实施例的发光器件的结构的截面图。

[0044] [图10]

[0045] 图10是示意性示出了根据第七实施例的发光器件的结构的截面图。

[0046] [图11A]

[0047] 图11A是示意性示出了根据第七实施例的转印基板的结构的截面图。

[0048] [图11B]

[0049] 图11B是示意性示出了根据第七实施例的转印基板的结构的截面图。

## 具体实施方式

[0050] 下文中,将参考附图来描述本发明的实施例。在附图中,相同或对应的元件被用相同的附图标记表示,并且可以省略或简化对其的描述。

[0051] [第一实施例]

[0052] 图1是示意性示出了根据本实施例的发光器件的结构的截面图。如图1中所示,本实施例的发光器件具有第一半导体层101、第二有源层102、第二半导体层103、第一有源层104、第三半导体层105和第一反射镜106依次布置在基板100上的堆叠结构。这些层可以是通过外延生长形成的。本实施例的发光元件包括设置在第二半导体层103上方的第一电极107和设置在第三半导体层105上方的第二电极108。

[0053] 当注入电流时,第一有源层104发射具有第一波长为主峰的波长分布的光。在本说明书中,“具有第一波长为主峰的波长分布的光”可以被简单地称为“第一波长的光”。当第二有源层102吸收第一波长的光时,第二有源层102通过光激发发射不同于第一波长的第二波长的光。第一波长的光可以是例如具有约450nm波长的蓝光。第二波长的光可以是例如具有约525nm波长的绿光。

[0054] 第一有源层104和第二有源层102可以由单层材料形成,或者可以由多对量子阱层与势垒层交替堆叠的多量子阱结构形成。通过取决于基板的类型适当地设定有源层、量子阱层和势垒层的材料、组成、厚度、对数等并将有源层、量子阱层和势垒层设计为具有所期望的带隙,可以实现发射所期望的波长的光的发光元件。例如,如果基板100的材料是蓝宝石并且有源层的材料是InGaN,则可以通过改变In的比例来改变中心发射波长。In的比例越大,中心发射波长变得越长。

[0055] 例如,第一半导体层101为n型或i型,第二半导体层103为n型,并且第三半导体层105为p型。换句话说,第一有源层104被插入在第一导电类型(n型)的半导体层和与第一导电类型相反的第二导电类型(p型)的半导体层之间。第二有源层102被插入在第一导电类型或i型半导体层和第一导电类型半导体层之间。基板100的导电类型可以是n型、p型和i型中的任一种。

[0056] 注意的是,本说明书中的i型半导体层是指非掺杂(没有掺杂的)半导体层。非掺杂可以包括在半导体层生长期没有故意掺杂有用于控制导电类型的掺杂剂的这些以及掺杂有基本上相同数量的p型和n型掺杂剂的这些。i型半导体层中的载流子浓度优选地小于或等于 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 。

[0057] 当每个半导体层由诸如基于GaN或AlGaN的材料的III族氮化物半导体制成时,使用Si、Ge等作为n型掺杂剂,并且使用Mg、Zn等作为p型掺杂剂。如果每个半导体层由作为III-V族半导体的基于AlGaAs的材料形成,则使用II族元素(Mg、Zn等)作为p型掺杂剂,使用VI族元素(Se等)作为n型掺杂剂,并且使用IV族元素(C、Si等)作为p型掺杂剂或n型掺杂剂。

[0058] 在本实施例的发光元件中,光从其发射到外部的发射端是与基板100的相对侧,

即,图1中的上侧。第一反射镜106部署在发光元件的发射端侧。换句话说,第一反射镜106的上表面对应于发光元件的发射端。第一反射镜106被设计为使得第一波长的光的反射率高于第二波长的光的反射率。

[0059] 第一反射镜106是例如分布式布拉格反射镜。下文中,分布式布拉格反射器被称为DBR(分布式布拉格反射器)。DBR是具有折射率不同的两个薄膜被交替地和周期性地形成以具有四分之一波长的光学膜厚度的结构的反射镜。第一反射镜106可以是通过外延生长形成的多个半导体层,或者可以是多个电介质层。在这两种类型的结构之中,使用多个电介质层的结构是优选的,因为两个薄膜之间的折射率差可以增加,并且可以利用小的对数实现高反射率。

[0060] 向第一电极107和第二电极108施加不同的电位,使得电流可以被注入第一有源层104中。如果电流被注入第一有源层104中,则第一有源层104发射第一波长的光。在从第一有源层104发射的第一波长的光中,向下发射的分量直接进入第二有源层102。向上发射的从第一有源层104发射的具有第一波长的光的一部分被第一反射镜106反射,并进入第二有源层102。这里,由于第一反射镜106的反射率被设计为相对于第一波长的光高,因此透射通过第一反射镜106的第一波长的光小。因此,第一波长的光中的大部分入射到第二有源层102上。

[0061] 第二有源层102吸收第一波长的光并通过光激发发射第二波长的光。第二波长的光中的一部分被第一反射镜106反射,并返回到基板100侧。然而,由于第一反射镜106相对于第二波长的光的反射率被设计为低于第一波长的光的反射率,因此第二波长的光中的大部分穿过第一反射镜106,并在垂直方向(图1中的上侧)上相对于基板100发射。因此,本实施例的发光元件可以选择性地向外部发射第二波长的光。

[0062] 通过使用第一有源层104、第二有源层102和第一反射镜106,本实施例的发光器件可以将第一波长的光转换为第二波长的光,并选择性地向外部发射光。通过布置第一反射镜106,可以在第一有源层104和第二有源层102在厚度方向上堆叠的状态下获得上述效果。因此,不需要在第一有源层104和第二有源层102的形成之间执行图案化。因此,根据本实施例,提供了能够以简单工艺形成多个有源层的发光器件。

[0063] 本实施例的发光元件例如用在显示设备的像素中。通过以几十微米至几百微米的尺寸制造本实施例的发光元件并将其排列成多行多列,可以形成显示设备的显示表面。这种使用无机化合物半导体LED(发光二极管)的显示设备有时被称为μLED显示器。μLED显示器在寿命、亮度等方面优于液晶显示器和有机LED显示器。下面,将描述当在μLED显示器中使用本实施例的发光器件时获得的效果。

[0064] 制造μLED显示器的方法的示例是在显示器的基板上安装针对诸如蓝色、绿色和红色之类的各个颜色制造的发光元件的方法。在该方法中,由于需要安装大量的发光元件,因此存在使得安装成本高的问题。因此,为了降低安装成本,优选的是在同一晶片上形成多个颜色的发光元件,使得多个发光元件可以被安装在一起。

[0065] 为了在同一晶片上形成多个发光元件,需要在同一晶片上形成具有不同发射波长的多个有源层。在PTL1中描述的在形成多个有源层期间形成掩模的方法中,制造工艺变得复杂并且制造成本增加。原因如下。在使用化合物半导体的发光器件的制造工艺中,通过外延生长来形成诸如有源层之类的半导体层。在形成多个有源层期间形成掩模的工艺流程

中,不能一次执行每层的外延生长,并且必须多次执行外延生长工艺。外延生长工艺包括诸如在晶体生长装置中安装基板和温度上升至生长温度之类的耗时的工艺。如果多次执行外延生长工艺,则工艺的数量与工艺的数量成比例地增加,使得制造成本增加。

[0066] 相比之下,本实施例的发光器件具有可以在第一有源层104和第二有源层102在厚度方向上堆叠的状态下执行波长转换的结构。因此,不需要在第一有源层104和第二有源层102的形成之间进行图案化。因此,即使在同一晶片上形成两种颜色的发光元件,也可以通过外延生长来连续形成两个有源层。因此,在使用本实施例的发光元件制造μLED显示器中,可以通过简单的工艺形成多个有源层,使得可以降低成本。

[0067] 另外,通过利用外延生长连续地形成两个有源层,减少了由从晶体生长装置等去除而导致的表面污染。因此,在本实施例的发光器件的制造中,保持生长表面的清洁度,使得可以获得提高良率、稳定制造工艺和提高有源层的质量的效果。

[0068] 以上已经描述了本实施例的发光元件可以适当地用作μLED显示器的像素的原因及其效果。对于随后描述的其他实施例,同样如此。然而,本实施例和其他实施例的发光元件的应用不限于此,并可以应用于诸如照明设备之类的显示设备之外的应用。

[0069] 在本实施例中,发射端对应于图1中的上侧(与基板100相对的侧),但发射端可以是基板100侧。在发射端处于基板100侧的情况下,优选的是设计结构或材料,使得基板100中的光吸收率低。作为具体设计的示例,相对于要发射光的波长具有低吸收率的材料可以被用于基板100,或者基板100的厚度可以充分减小。

[0070] 尽管在本实施例中,第一有源层104被部署为比第二有源层102靠近发射端,但第一有源层104和第二有源层102的堆叠的顺序可以颠倒。如果第一有源层104和第二有源层102的顺序改变,则需要适当地改变第一电极107和第二电极108的位置,使得电流被注入到第一有源层104中。

[0071] 然而,如图1中所示,第一有源层104优选地被部署为比第二有源层102靠近发射端。换句话说,第二有源层102优选地被部署在第一有源层104和基板100之间。在该配置中,与第一有源层104和第二有源层102彼此相对布置的情况相比,优点在于,可以使布置有用于电流注入的第一电极107的接触孔变浅,并且蚀刻量可以减少。

[0072] 优选的是,第一有源层104或第二有源层102和基板100之间的半导体层不被掺杂有p型掺杂剂。如果半导体层被掺杂有p型掺杂剂,则半导体层的晶体质量可能退化。如果有源层在半导体层上生长,则由于半导体层的晶体质量不良,导致有源层的质量可能退化。特别地,如果有源层由基于GaN的材料制成,则有源层的质量对光发射特性的影响大。因此,可以通过在有源层下不掺杂p型掺杂剂来改善光发射特性。

[0073] 更具体地,第一半导体层101和第二有源层102是未掺杂p型掺杂剂的n型或i型,并且第二半导体层103是未掺杂p型掺杂剂的n型。因此,在第一有源层104和第二有源层102二者中,由于p型掺杂剂而引起的有源层质量的退化可以降低,并且发光特性被改善。

[0074] [第二实施例]

[0075] 本实施例的发光元件与第一实施例的发光元件的不同之处在于,还设置了第二反射镜201。图2是示意性示出了根据本实施例的发光器件的结构的截面图。第一半导体层101包括第二反射镜201。第二反射镜201相对于第一有源层104和第二有源层102被布置在与第一反射镜106相对的一侧。与第一反射镜106类似,第二反射镜201被设计为使得相对于第一

波长的光的反射率高于相对于第二波长的光的反射率。

[0076] 第二反射镜201是例如DBR。在这种情况下,第二反射镜201可以是交替堆叠有折射率不同的两种类型的半导体层的DBR。构成DBR的两种不同类型的半导体层的示例包括AlGaN和InGaN。

[0077] 从第一有源层104发射的具有第一波长的光在图2中的上方向和下方向上都发射。从第一有源层104向下发射的具有第一波长的光中的一部分被第二有源层102吸收。此时,第二有源层102通过光激发发射第二波长的光。向下发射的第一波长的光中的另一部分被透射而未被第二有源层102吸收。透射通过第二有源层102的具有第一波长的光被第二反射镜201反射,并重新进入第二有源层102以激发具有第二波长的光。另一方面,如在第一实施例中描述的,从第一有源层104向上发射的具有第一波长的光被第一反射镜106反射,进入第二有源层102,并激发具有第二波长的光。

[0078] 如上所述,在本实施例中,第二反射镜201相对于第一有源层104和第二有源层102被布置在与第一反射镜106相对的一侧。根据该配置,由于从第一有源层104向下发射并透射通过第二有源层102的第一波长的光可以再次返回到第二有源层102,因此从第一波长的光到第二波长的光的转换效率可以提高。因此,第二波长的光的光发射效率提高。另外,第一波长的光的泄漏可以减少。

[0079] 这里,优选的是,第一反射镜106和第二反射镜201被设计为具有每层的膜厚度,以形成用于第一波长的谐振器。更具体地,每层的膜厚度可以被设计为使得在第一反射镜106和第二反射镜201之间传播的光的长度的倒数是第一波长的一半的整数倍。由于以上设计,可以进一步提高从第一波长的光到第二波长的光的转换效率。

[0080] 将参考在第一反射镜106和第二反射镜201形成谐振器的情况下仿真的结果更详细地描述本实施例的效果。首先,将参考图3A和图3B描述发光元件的仿真模型的层结构。

[0081] 图3A示出了作为用于与本实施例对应的结构的仿真的模型的发光元件300a的截面图。发光元件300a具有GaN/AlInN半导体DBR 301(10对)、由GaN制成的 $1\lambda$ 谐振器310和SiO<sub>2</sub>/SiN电介质DBR 306(6对)依次布置在GaN基板100上的堆叠结构。 $1\lambda$ 谐振器310包括蓝色量子阱有源层304(光发射波长为450nm)和绿色量子阱有源层302(光发射波长为525nm)。 $1\lambda$ 谐振器310被配置为具有包括这两个有源层的层厚度的 $1\lambda$ (1个波长)的光学膜厚度。所设计的每个DBR和 $1\lambda$ 谐振器310的波长为450nm,这与蓝色量子阱有源层304的发射波长相同。当具有450nm波长的光从一个表面透射到另一个表面时,绿色量子阱有源层302中的具有450nm波长的光的吸收率被设计为5.8%。该设计可以通过调整量子阱的数量来实现。

[0082] 另一方面,图3B示出了作为用于相对于本实施例的比较例的仿真的模型的发光元件300b的截面图。发光元件300b是从发光元件300a的配置中排除SiO<sub>2</sub>/SiN电介质DBR 306的模型,并且不构成谐振器。

[0083] 图3C是示出了在光在垂直于半导体层的层叠表面上入射时绿色量子阱有源层302中的吸收率的仿真的结果的曲线图。在图3C中,垂直轴表示绿色量子阱有源层302中的吸收率,并且水平轴表示入射光的波长。图3C示出了根据发光元件300a(即,具有SiO<sub>2</sub>/SiN电介质DBR 306)的模型的仿真的结果。另外,在使用发光元件300b的模型的比较例的仿真中,相对于具有450nm波长的光的吸收率为0.044。

[0084] 图4是示出了在仿真的时候使用的SiO<sub>2</sub>/SiN电介质DBR 306的反射率特性和GaN/AlInN

半导体DBR 301的反射率特性的曲线图。在图4中,垂直轴表示反射率,并且水平轴表示入射光的波长。图4中的实线指示 $\text{SiO}_2/\text{SiN}$ 电介质DBR 306的反射率特性,并且虚线指示GaN/A1InN半导体DBR 301的反射率特性。在 $\text{SiO}_2/\text{SiN}$ 电介质DBR 306中,450nm波长处的反射率为0.96,这指示高的值。另一方面,525nm波长处的反射率为0.4或更小,这指示低的值。关于GaN/A1InN半导体DBR 301,观察到类似的趋势,尽管不如 $\text{SiO}_2/\text{SiN}$ 电介质DBR 306显著。通过光学仿真获得了图4的反射率特性。

[0085] 如将从上面的描述理解的,通过提供 $\text{SiO}_2/\text{SiN}$ 电介质DBR 306,绿色量子阱有源层302中的波长为450nm的光的吸收率变大了大约10倍。因此,发现通过由两个反射镜配置谐振器结构,可以提高第一波长(450nm)的光的吸收效率并且可以提高第二波长(525nm)的光的发射效率。另外,由于 $\text{SiO}_2/\text{SiN}$ 电介质DBR 306在第一波长处具有高反射率而在第二波长处具有低反射率,因此第一波长处的光泄漏可以减少。

[0086] 以这种方式,仅通过提供DBR而不处理有源层,就可以提高第一波长的光的吸收效率,并且通过简单的工艺,可以提高第二波长的光的发射效率。

[0087] 第二波长的光的发射强度可以取决于 $\text{SiO}_2/\text{SiN}$ 电介质DBR 306是否形成在上层中而改变。即,通过在晶片表面中的所期望位置处形成 $\text{SiO}_2/\text{SiN}$ 电介质DBR 306,可以在不对 $\text{SiO}_2/\text{SiN}$ 电介质DBR 306下方的半导体层进行处理的情况下,提供选择性地发射第二波长的光的位置。因此,可以通过简单的工艺形成选择性地发射第二波长的光的部分。

[0088] 以上仿真是基于光在垂直于层叠表面的方向上传播的前提。然而,即使对于在倾斜方向上传播的光,虽然出现了谐振波长的差异,但也可以获得类似的效果。

[0089] 图5A和图5B是示出了在绿色量子阱有源层302的光吸收率改变时发射比例的仿真结果的曲线图。该仿真中使用的发光元件的结构和特性与图3A至图3C和图4中示出的结构和特性相同。

[0090] 图5A和图5B的水平轴指示当在绿色量子阱有源层302中具有450nm波长的光从一个表面透射到另一个表面时的吸收率。垂直轴表示从蓝色量子阱有源层304或绿色量子阱有源层302的每个有源层向上的光发射比例。在图5A和图5B中,实线指示来自绿色量子阱有源层302的发射比例,并且虚线指示来自蓝色量子阱有源层304的发射比例。

[0091] 在仿真中,从蓝色量子阱有源层304发射的光量被设定为1。如果蓝光被绿色量子阱有源层吸收,则光被100%转换为绿光。

[0092] 图5A是示出了在绿色与蓝色的光量比例为1:1的状态下使用发光元件的情况的曲线图。图5B是示出了在绿色与蓝色的光量比例为1:3的状态下使用发光元件的情况的曲线图。即,图5B示出了比图5A中示出的情况大三倍的绿光量的发射比例的值。

[0093] 如图5A中所示,如果在绿色与蓝色的亮度比例为1:1的状态下使用本实施例的发光器件,则优选地将绿色量子阱有源层302的吸收率调整为约35%。

[0094] 对于不足的绿色发射比例的调整的示例可以是通过调整注入到每个像素中的电流的量来调整发射比例的方法。例如,在本实施例的情况下,可以通过将注入到绿色像素中的电流的量增加到比注入到蓝色像素中的电流的量大来增加绿光发射比例。另外,可以通过改变DBR的反射率来调整每个像素的光发射比例。例如,通过配置 $\text{SiO}_2/\text{SiN}$ 电介质DBR 306以减小对应于绿色的波长的反射率,绿色发射比例可以增加。

[0095] 在本实施例的发光器件被用在考虑用户可视性的情况下执行调整的诸如显示设

备或照明设备之类的设备中的情况下,可以在考虑绿色与蓝色之间的可视性差异的情况下将发光器件的亮度彼此区分开。如果如图5B中所示绿色-蓝色光量比例为1:3,则上述光量比例是通过将绿色量子阱有源层302的吸收率设定为3%或更大且7%或更小(如果可允许偏差约为±30%)来实现的。另外,通过将上述光量比例设定为4%或更大且6%或更小(如果可允许偏差约为±10%)来更合适地实现该比例。

[0096] 上述示例仅仅是使用本实施例的发光元件的方法的示例。由于绿色量子阱有源层302的吸收率的设计可以取决于反射镜的反射率、从激发光激发的光的转换效率、每种颜色的亮度比例、颜色混合比例的减小程度等而按需要改变,因此可以执行与上述示例不同的设计。例如,如果反射镜的反射率的波长依赖性与本仿真中使用的图4中示出的不同,则适当的吸收率变化。如果通过改变电介质DBR的设计以增加绿色的发射比例来减小作为绿光波长的525nm处的反射率,则适当吸收率的范围被改变为比上述值低的范围。

[0097] 在本实施例中,如果产生两种不同波长(例如,蓝色和绿色)的光,则光发射量本身改变,而不是诸如滤光器之类的去除光的一部分。例如,在本实施例中,通过引入用于具有绿色波长的光的谐振器结构,吸收效率可以提高大约十倍。因此,提供了能够更有效的光发射的发光元件。

[0098] [第三实施例]

[0099] 本实施例的发光器件包括根据第一实施例或第二实施例的发光器件,并被配置为能够从形成在同一晶片上的两个发光区域发射彼此不同的两种波长的光。图6A是示意性示出了根据本实施例的第一配置示例的截面图。

[0100] 如图6A中所示,在来自相对于基板100垂直的方向的平面图中,本实施例的发光元件包括第一区域501和第二区域502。第一区域501主要向外部发射第一波长的光。第二区域502主要向外部发射第二波长的光。第一区域501和第二区域502形成在同一晶片上。第一反射镜106部署在第二区域502的第三半导体层105上。第一反射镜106不部署在第一区域501中的第三半导体层105上。

[0101] 第二区域502的结构与第一实施例的图1的结构相同。即,第二区域502设置有对第一波长的光具有高反射率的第一反射镜106。当电流通过第一电极107和第二电极108被注入到第一有源层104时,第一有源层104发射第一波长的光。第二有源层102被第一波长的光激发,并且第二有源层102发射第二波长的光。另外,第一反射镜106相对于第一波长的光具有高反射率。因此,第二波长的光主要从第二区域502发射。

[0102] 在第一区域501附近,第三电极503部署在第三半导体层105上,作为用于向第一区域501的第一有源层104注入电流的电极。当电流通过第一电极107和第三电极503被注入到第一有源层104时,第一区域501的第一有源层104发射第一波长的光。第一电极107是用于向第一区域501的第一有源层104和第二区域502的第一有源层104供应电流的共用电极。另一方面,第二电极108和第三电极503彼此独立地设置。因此,本实施例的发光元件具有可以独立地向第一区域501的第一有源层104和第二区域502的第一有源层104供应电流的结构。因此,第一区域501和第二区域502可以独立地发射不同波长的光。

[0103] 将描述根据本实施例的发光元件的另一配置示例。图6B是示意性示出了根据本实施例的发光元件的第二配置示例的截面图。在该配置示例中,与第二实施例类似,第一半导体层101包括第二反射镜201。第二反射镜201被设计为至少对第一波长的光具有高反射率。

[0104] 利用这样的配置,出于与第二实施例中描述的原因相同的原因,第二区域502中的第二波长的光的光发射效率提高。另外,在第一区域501中,从第一有源层104向下发射的第一波长的光被第二反射镜201反射并向上返回。因此,在第一区域501中,第一波长的光的光发射效率也提高。如上所述,在该配置示例中,除了与第一配置示例的效果类似的效果之外,光发射效率可以进一步提高。

[0105] 应该注意的是,第二反射镜201可以被设计为相对于第二波长的光具有高反射率。在这种情况下,在第二区域502内,从第二有源层102向下发射的第二波长的光也被第二反射镜201反射并向上返回。这进一步提高了第二区域502中的第二波长的光的光发射效率。

[0106] 将描述根据本实施例的发光元件的又一配置示例。图6C是示意性示出了根据本实施例的发光器件的第三配置示例的截面图。该配置示例是用于减少从第一区域501发射的光中包括的第二波长的分量的配置之一。

[0107] 在该配置示例中,第三反射镜504部署在第一区域501的第三半导体层105上。第三反射镜504相对于第二波长的光的反射率比第三反射镜504相对于第一波长的光的反射率高。其他配置与第一配置示例相同。当电流从第一电极107和第三电极503注入到第一区域501的第一有源层104中时,第一有源层104发射第一波长的光。当第一波长的光被第二有源层102吸收时,第二有源层102发射第二波长的光。由于第二波长的光被第三反射镜504反射,因此从第一区域501发射的光中包括的第二波长的分量减少。因此,从第一区域501发射的光中包括的第一波长的比例增加,而第二波长的比例减少,从而允许减少第一波长的光与第二波长的光之间的颜色混合。

[0108] 如上所述,根据本实施例的第一配置示例至第三配置示例,可以在同一晶片上形成发射不同波长的光的第一区域501和第二区域502。在该配置中,用于改变发射的光的波长的结构是部署在第三半导体层105上的第一反射镜106。因此,通过在晶片表面中的所期望位置处形成第一反射镜106,可以在不对第一反射镜106下方的半导体层进行任何处理的情况下形成发射不同波长的光的第一区域501和第二区域502。因此,可以使用简单的工艺来形成能够独立地发射两种波长的光的发光元件。

#### [0109] [第四实施例]

[0110] 本实施例的发光元件是通过将第三实施例的发光区域的数量从两个修改为三个而获得的。即,本实施例的发光元件被配置为从形成在同一晶片上的三个发光区域发射彼此不同的三种波长的光。图7是示意性示出了根据本实施例的发光元件的配置示例的截面图。

[0111] 除了第三实施例的第二配置示例(图6B)的元件结构之外,本实施例的发光元件主要包括向外部发射第三波长的光的第三区域601。在本实施例中,类似于第三实施例的第三配置示例(图6C),第三反射镜504部署在第一区域501中的第三半导体层105上。

[0112] 在第三区域601中,第三半导体层105下方的截面结构类似于第一区域501和第二区域502中的截面结构。在第三区域601中,第四半导体层604、第三有源层602和第五半导体层605依次布置在第三半导体层105上。

[0113] 在第三区域601附近,第四电极603部署在第三半导体层105上,作为用于向第三区域601中的第一有源层104注入电流的电极。当电流通过第一电极107和第四电极603被注入到第一有源层104时,第三区域601中的第一有源层104发射第一波长的光。第一波长的光激

发第三有源层602，并且第三有源层602发射第三波长的光。第三波长的光可以是例如具有约630nm波长的红光。

[0114] 根据本实施例，可以在同一晶片上形成发射不同波长的第一区域501、第二区域502和第三区域601。在该结构中，用于改变发射的光的波长的结构是部署在第三半导体层105上的每层，即，第一反射镜106、第三反射镜504、第四半导体层604、第三有源层602和第五半导体层605。因此，通过在晶片表面中的所期望位置处形成这些层，可以在不对层下方的半导体层进行任何处理的情况下形成发射不同波长的第一区域501、第二区域502和第三区域601。

[0115] 在本实施例中，通过由来自第三区域601的第一有源层104的光发射导致的光激发，发射第三波长的光。为了实现以上，第四半导体层604、第三有源层602和第五半导体层605不需要电连接到第三半导体层105，并可以位于预定位置处。因此，可以使用简单的工艺来形成能够独立地发射三种波长的光的发光元件。

[0116] 例如，通过外延生长，可以在第三半导体层105上形成第四半导体层604、第三有源层602和第五半导体层605。然而，可以使用其他方法形成。

[0117] 下面将描述以上提到的其他方法的示例。预先准备从基板侧起依次形成第五半导体层605、第三有源层602和第四半导体层604的另一转印基板。转印基板被接合到形成有第三半导体层105下方的半导体层的基板100，并且然后通过湿法蚀刻等仅去除转印基板。另外，通过这种方法，可以在第三半导体层105上形成第四半导体层604、第三有源层602和第五半导体层605。如果如上所述地掺杂了p型掺杂剂，则半导体层的晶体质量可能退化。因此，在掺杂有p型掺杂剂的半导体层上通过外延生长而形成的层的晶体质量可能退化。在这种方法中，不需要通过外延生长在p型第三半导体层105上形成半导体层。因此，第三有源层602的质量可以提高，并且光发射特性可以改善。

[0118] 优选地，在接合第四半导体层604、第三有源层602和第五半导体层605以确定第三区域601的位置之后，执行诸如形成第一反射镜106和第三反射镜504之类的规定第一区域501和第二区域502的步骤。由于该顺序，可以对紧接在外延生长之后的平坦基板执行基板接合，而不是对在该工艺之后具有粗糙度的基板执行基板接合。以上配置允许具有接合表面的较好的状态并降低工艺难度。结果，良率提高。另外，基于已经形成的第三区域601的位置，可以通过光刻以高的位置精度来确定第一区域501和第二区域502的位置。因此，与预先确定第一区域501和第二区域502的情况相比，可以降低接合时所需的对准精度。另外，如上所述，与在显示设备的基板上安装针对每种颜色制造的发光元件的方法相比，可以通过一次接合在晶片的整个表面上布置多种颜色的元件。因此，可以实现提高良率和减少安装成本。

[0119] [第五实施例]

[0120] 下面将描述在第三实施例中描述的具有两个发光区域的发光元件的另一具体设计示例和另一制造工艺示例作为第五实施例。图8是示意性示出了根据本实施例的发光器件的结构的截面图。由于本实施例的发光元件的结构与第三实施例的第三配置示例(图6C)的结构类似，因此可以省略或简化结构的详细描述。

[0121] 本实施例的发光器件是通过在蓝宝石基板700上顺次地外延生长i型GaN层701、i型绿色量子阱有源层702、n型GaN层703、i型蓝色量子阱有源层704和p型GaN层705来形成

的。缓冲层(未示出)形成在蓝宝石基板700和GaN层701之间。

[0122] 绿色量子阱有源层702包括InGaN阱层和GaN势垒层。在绿色量子阱有源层702中, InGaN阱层的In成分约为20%, 并且在这种情况下, 中心发射波长为525nm。

[0123] 蓝色量子阱有源层704还包括InGaN阱层和GaN势垒层。在蓝色量子阱有源层704中, InGaN阱层的In成分约为15%, 并且在这种情况下, 中心发射波长为450nm。

[0124] 在来自垂直于蓝宝石基板700的方向的平面图中, 本实施例的发光器件包括发射蓝光的区域711和发射绿光的区域712。在发光器件中, 在形成GaN层705之后, 形成用于将区域711和712彼此隔离开的隔离槽。隔离槽的深度被设定为使得隔离槽的底表面的位置在GaN层703的上表面和下表面之间。在形成隔离槽之后, 在隔离槽的底部处形成用于向每个区域施加共用电位的n电极707。用于向区域712和711独立地施加电位的p电极708和713形成在GaN层705上。另外, 主要反射蓝色波长的光的反射镜706和主要反射绿色波长的光的反射镜714分别形成在区域712和711中。

[0125] 反射镜706包括六对SiN和SiO<sub>2</sub>的堆叠膜。在考虑到每层的折射率的情况下确定每层的膜厚度, 使得光学膜厚度为蓝光波长(450nm)的四分之一。反射镜714包括六对SiN和SiO<sub>2</sub>的堆叠膜。在考虑到每个膜的折射率的情况下确定每个膜厚度, 使得光学膜厚度变为绿光波长(525nm)的四分之一。

[0126] 根据本实施例, 可以使用简单的工艺制造在同一晶片上形成发射蓝色波长的光的区域711和发射绿色波长的光的区域712的发光元件。

#### [0127] [第六实施例]

[0128] 下面, 将描述根据第六实施例的发光器件。根据第六实施例, 与第三实施例的第二配置示例中的第二反射镜201对应的DBR被添加到根据第五实施例的发光器件中。图9是示意性示出了根据本实施例的发光器件的结构的截面图。在本实施例的发光器件中, i型GaN层801包括i型DBR层802。其他结构与第五实施例的相同, 因此将省略其描述。

[0129] DBR层802具有十对AlGaN层和GaN层交替堆叠的堆叠结构。在考虑到每层的折射率的情况下确定每层的膜厚度, 使得光学膜厚度为蓝光波长(450nm)的四分之一。每层的厚度等被设定为使得DBR层802和反射镜706形成用于蓝色波长的谐振器。

[0130] 利用该配置, 在区域712中, 蓝光(波长为450nm)在谐振器中谐振。因此, 绿色量子阱有源层702中的蓝光的吸收率增加, 并且来自绿色量子阱有源层702的绿光的发射效率提高。另一方面, 在区域711中, 在蓝色量子阱有源层704中产生的光中, 朝向蓝宝石基板700侧发射的光被DBR层802反射并向上行进, 使得蓝光的光发射效率提高。

[0131] 因此, 除了与第五实施例的效果类似的效果之外, 蓝光和绿光的光发射效率与第五实施例的光发射效率相比进一步提高。

#### [0132] [第七实施例]

[0133] 下面描述第七实施例。根据第七实施例, 根据第六实施例的发光器件被修改为如第四实施例中一样的发射三种颜色的光。图10是示意性示出了根据本实施例的发光器件的结构的截面图。当从垂直于蓝宝石基板700的平面观察时, 本实施例的发光器件还包括发射红光的区域901。其他结构与第六实施例的相同, 因此将省略其描述。

[0134] 在区域901中, AlInP覆盖层904、AlGaInP有源层902和AlInP覆盖层905依次形成在GaN层705上。AlGaInP有源层902的中心发射波长被调整为630nm。

[0135] 用于向区域901施加电位的p电极903形成在区域901的GaN层705上。当电流通过n电极707和p电极903被注入到蓝色量子阱有源层704时，蓝色量子阱有源层704发射蓝光。AlGaInP有源层902被蓝光激发，并且AlGaInP有源层902发射红光。因此，从区域901发射红光。

[0136] 参考图11A和图11B，将描述本实施例的制造发光器件的方法的概要。图11A和图11B是示意性示出了根据本实施例的转印基板的结构的截面图。

[0137] 如图11A中所示，在与蓝宝石基板700不同的GaAs基板910上，依次外延生长AlInP覆盖层905、AlGaInP有源层902和AlInP覆盖层904。接下来，如图11B中所示，通过蚀刻AlInP覆盖层904、AlGaInP有源层902和AlInP覆盖层905以仅留下对应于发光区域的部分来执行图案化。此后，通过旋涂在图11B的表面上形成聚酰亚胺层(未示出)。通过这些工艺，完成用于通过接合进行转印的转印基板。

[0138] 然后，在具有直到图10中示出的GaN层705的层的蓝宝石基板700的GaN层705和转印基板的AlInP覆盖层904彼此面对地对准的状态下，将它们加热。因此，GaN层705和AlInP覆盖层904经由聚酰亚胺层彼此接合。然后，通过湿法蚀刻来去除GaAs基板910。因此，AlInP覆盖层904、AlGaInP有源层902和AlInP覆盖层905被转印到GaN层705上。然后，与第五实施例类似，形成分离槽906，形成反射镜706和714，并且完成图10中示出的发光器件。

[0139] 根据本实施例，可以使用简单的工艺制造在同一晶片上形成功能于发射蓝色波长的光的区域711、用于发射绿色波长的光的区域712和用于发射红色波长的光的区域901的发光元件。

[0140] [修改实施例]

[0141] 本发明不限于上述实施例，并且各种修改是可能的。例如，任何实施例的一部分的配置被添加到另一实施例的示例或者另一实施例的一部分的配置被取代的示例也被包括在本发明的实施例中。

[0142] 上述的实施例仅仅是用于执行本发明的实现方式的示例，并且本发明的技术范围不应该被解释为限制于此。即，本发明可以在不脱离其技术思路或其主要特征的情况下以各种形式实现。

[0143] 对2019年7月30日提交的日本专利申请No. 2019-139551要求了优先权，该日本专利申请的全部内容通过引用并入本文中。

[0144] [参考符号列表]

[0145] 101 第一半导体层

[0146] 102 第二有源层

[0147] 103 第二半导体层

[0148] 104 第一有源层

[0149] 105 第三半导体层

[0150] 106 第一反射器

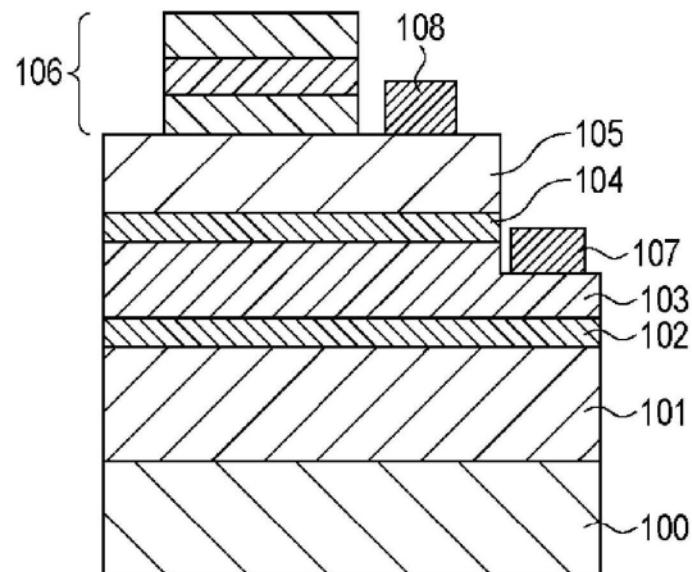


图1

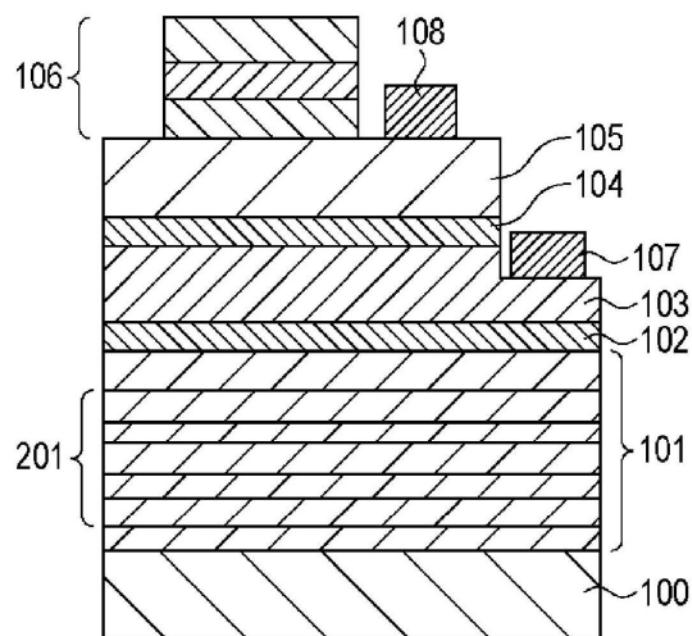


图2

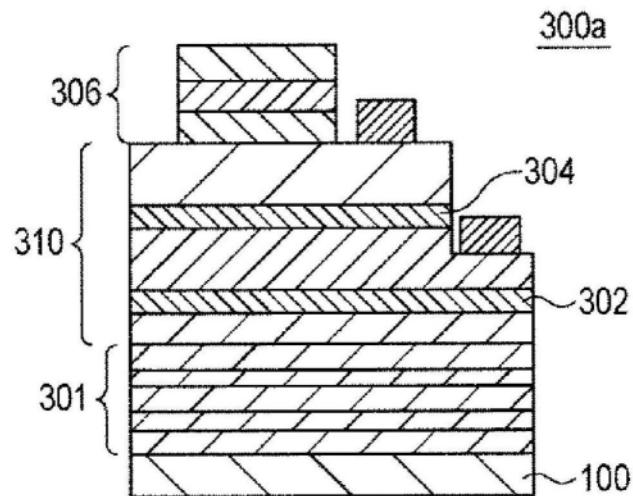


图3A

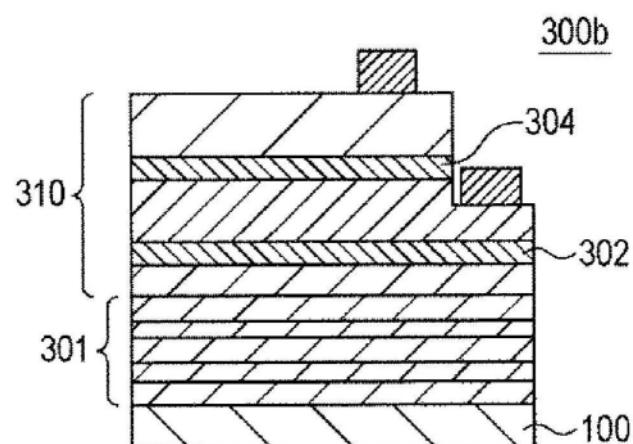


图3B

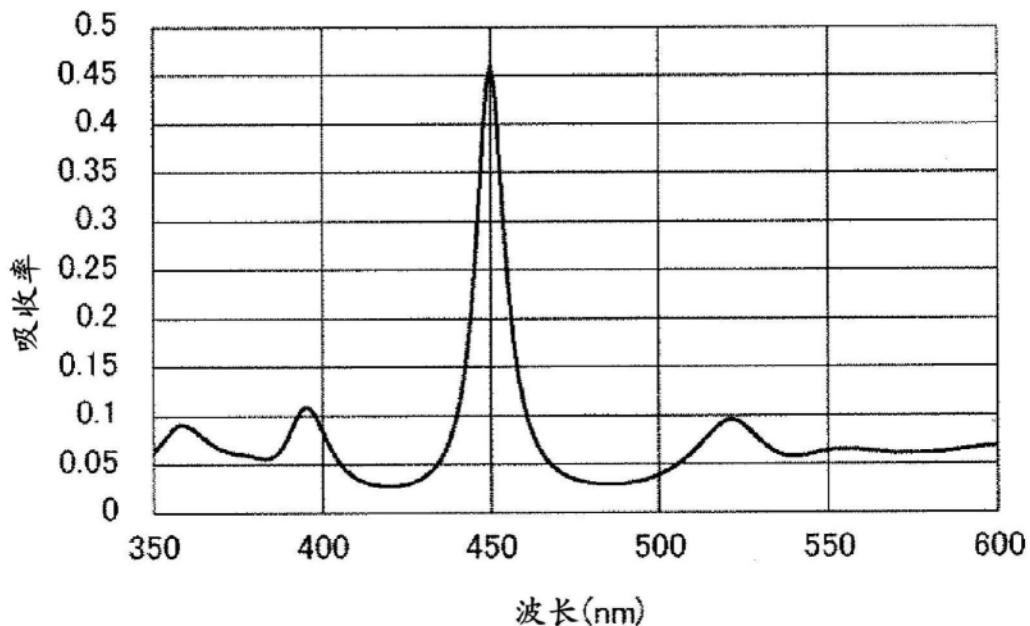


图3C

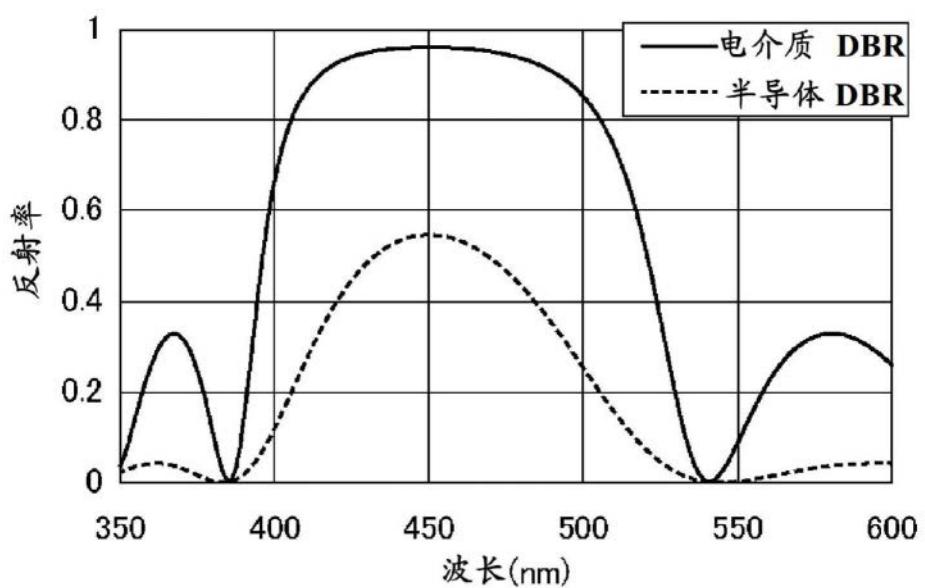


图4

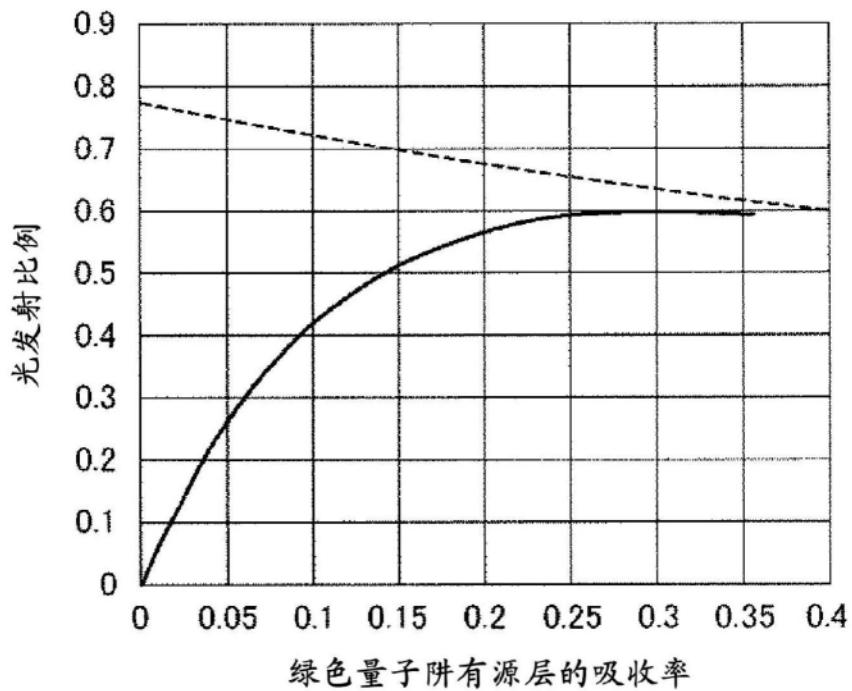


图 5A

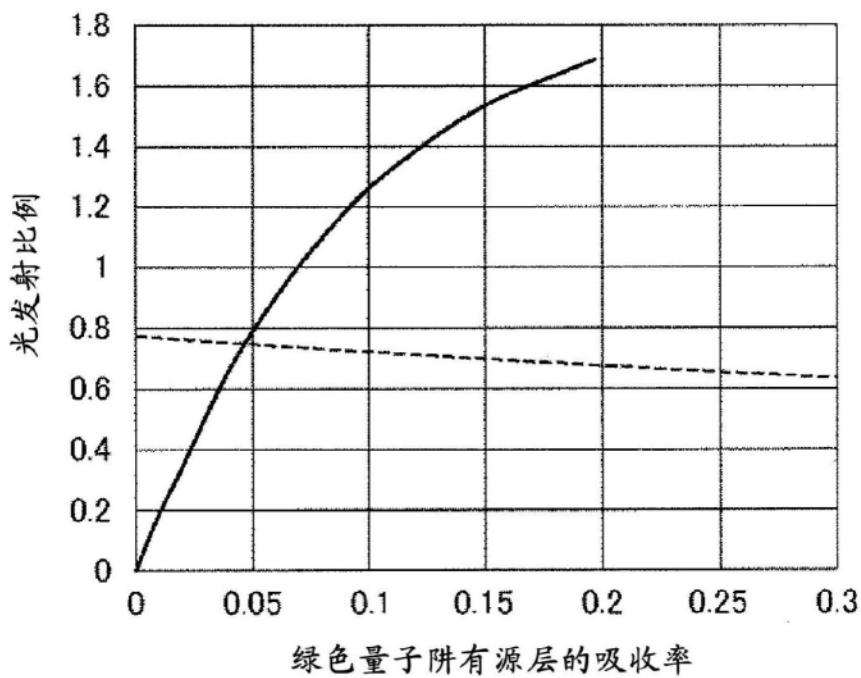


图 5B

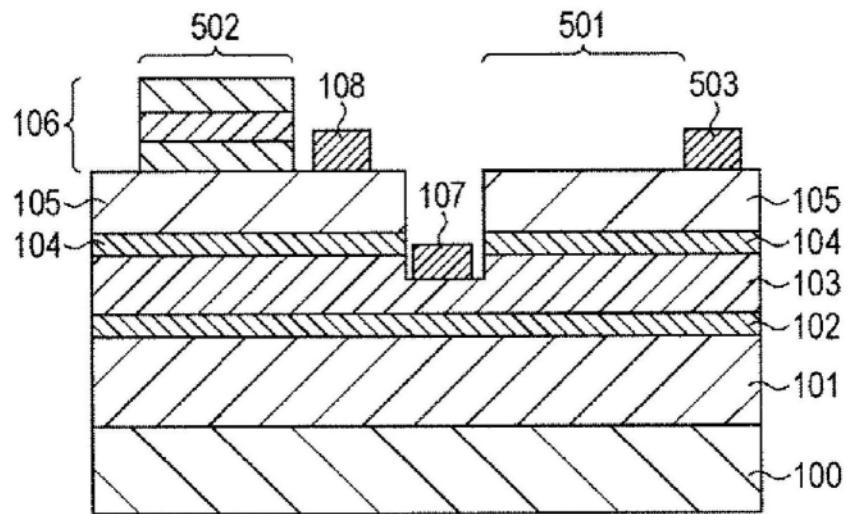


图6A

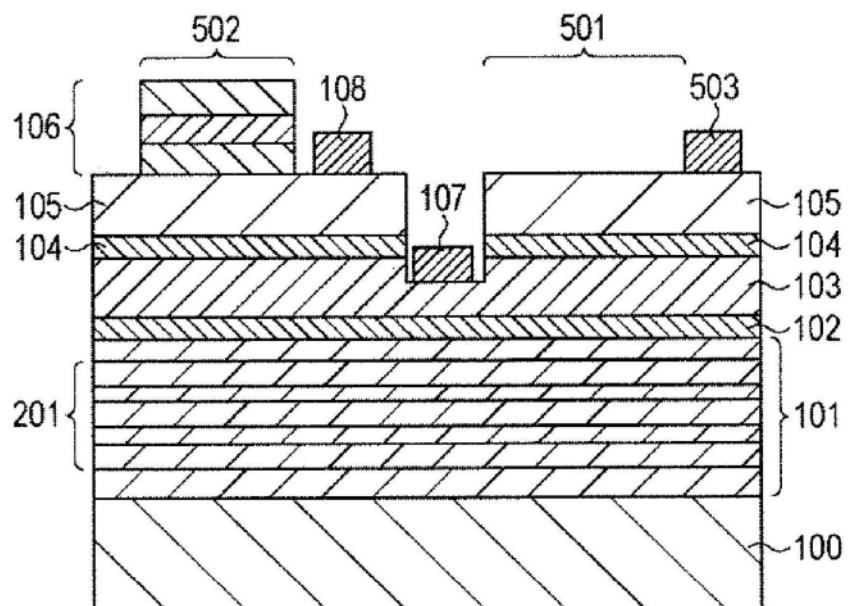


图6B

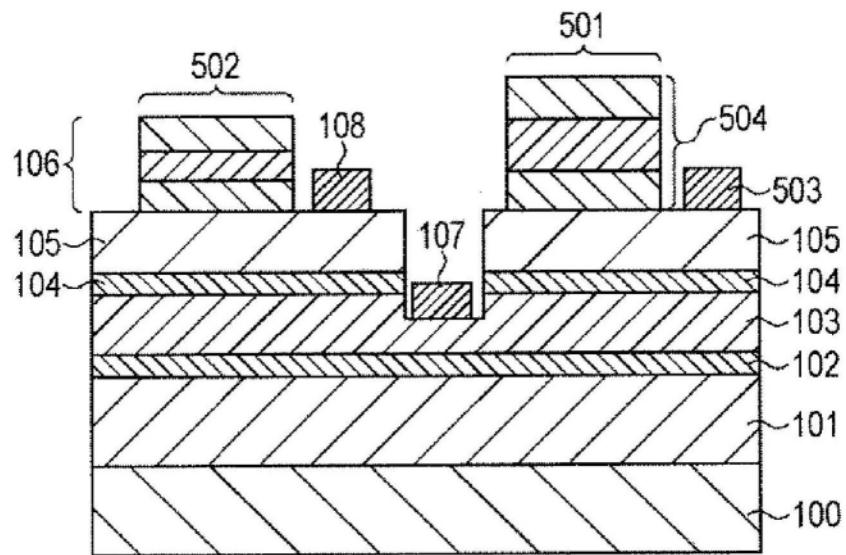


图6C

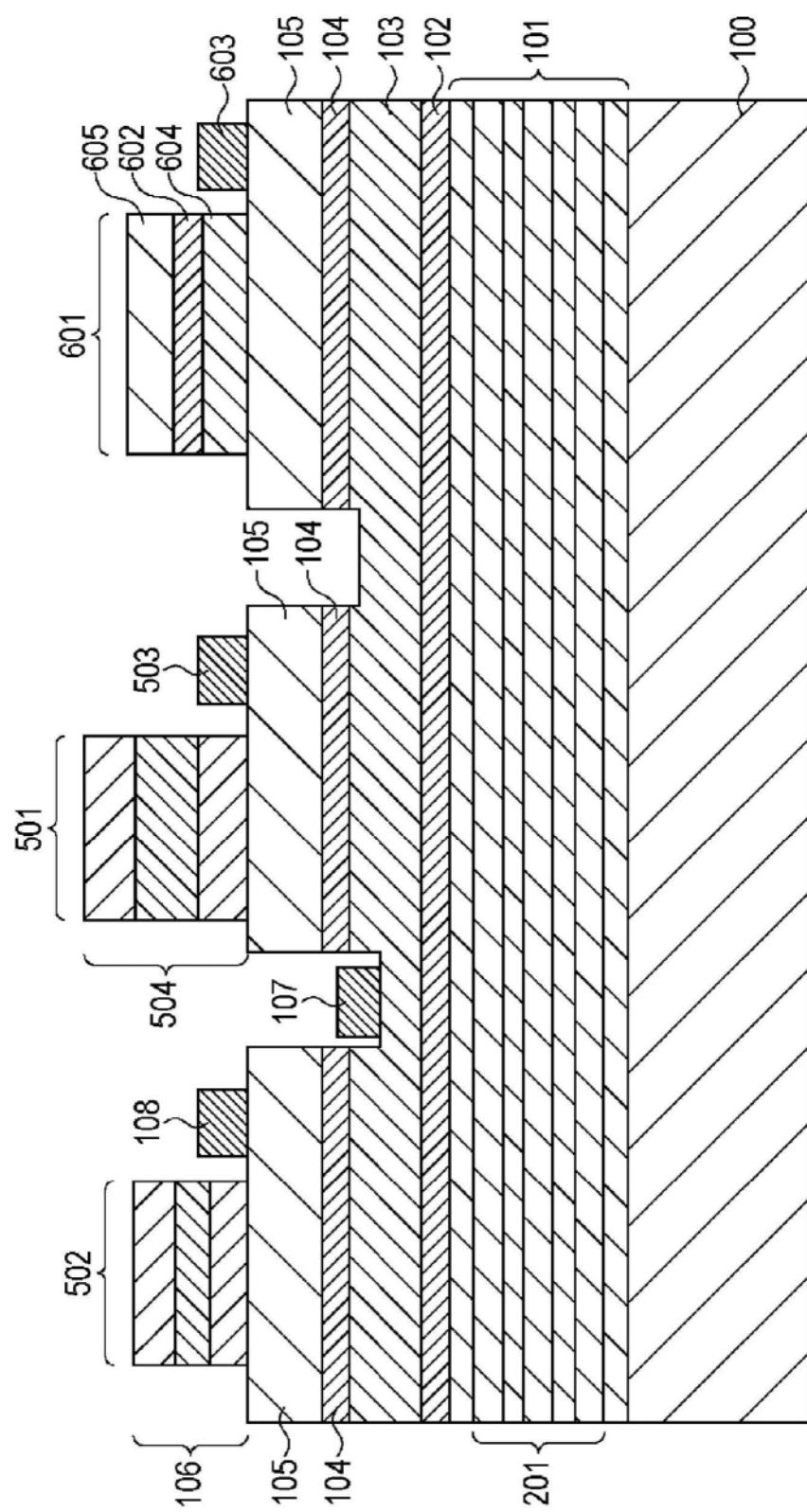


图7

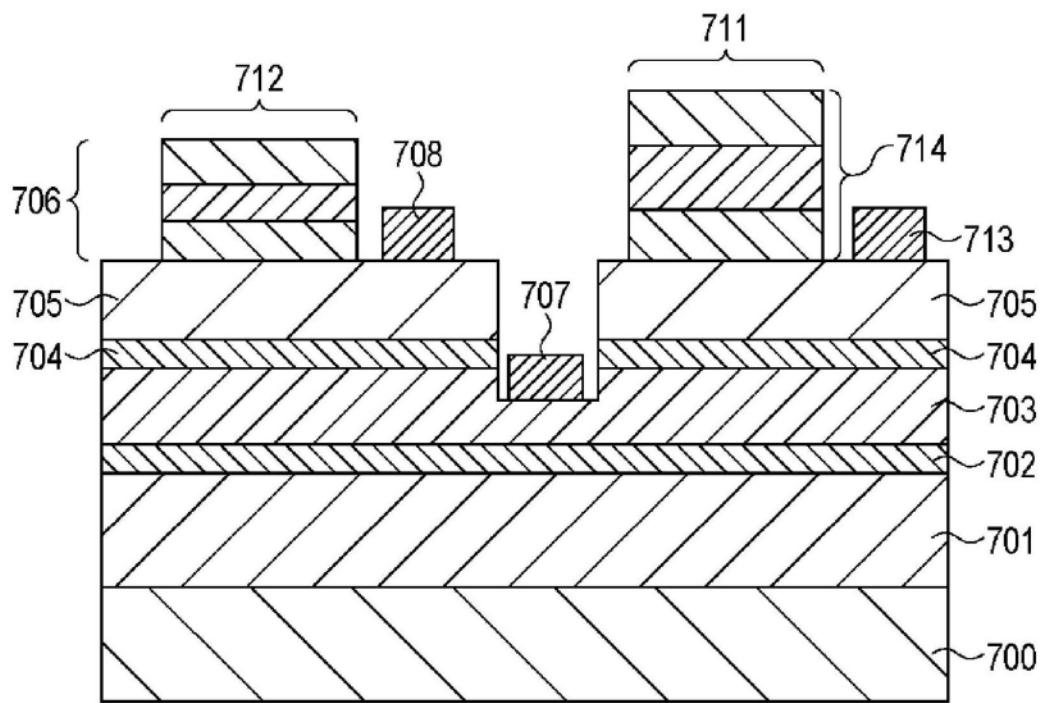


图8

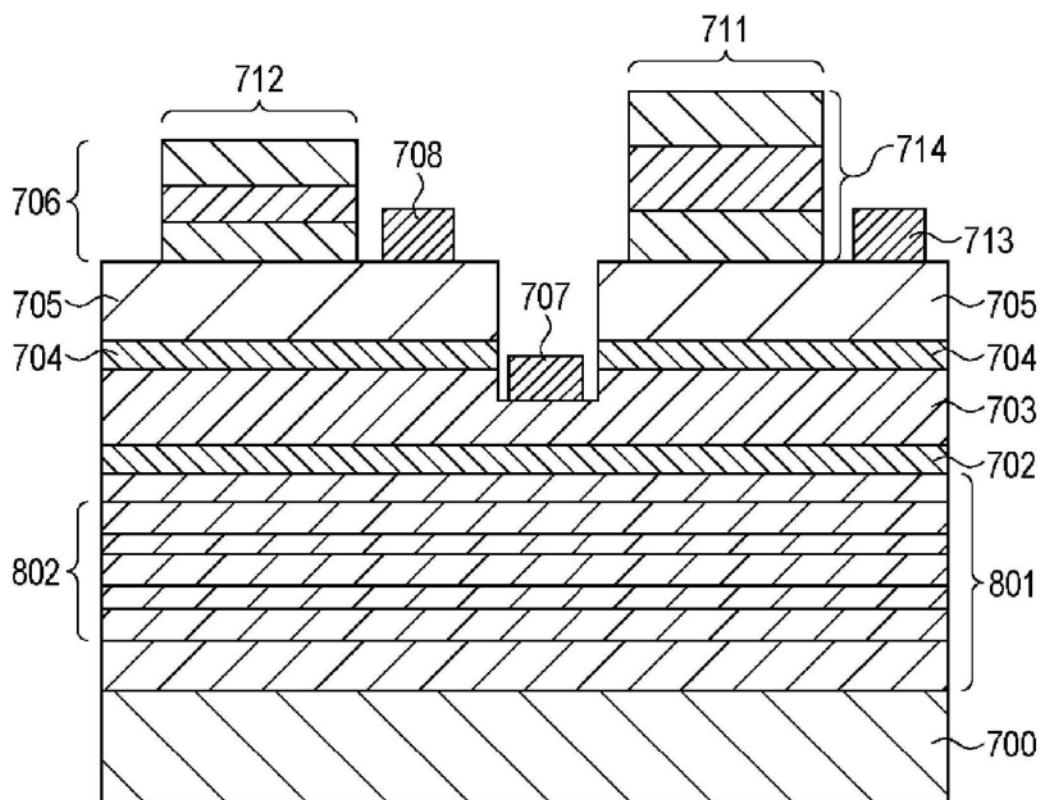


图9

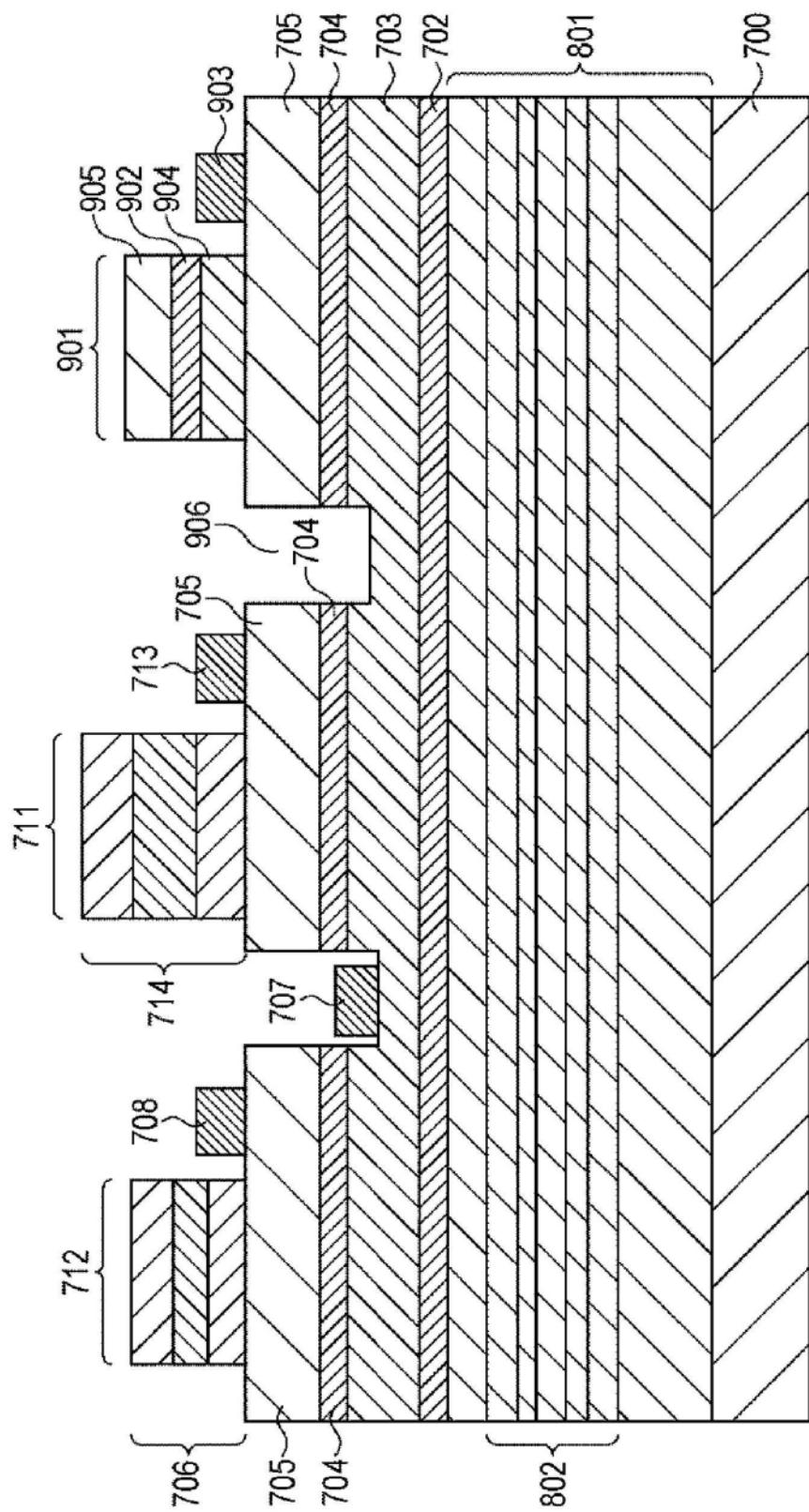


图10

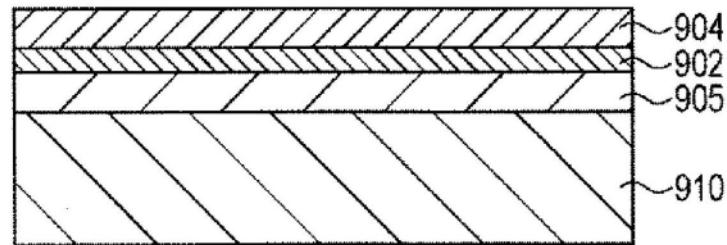


图11A

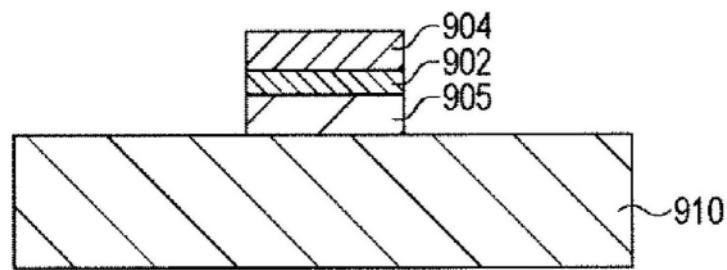


图11B