



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103840370 B

(45)授权公告日 2018.02.09

(21)申请号 201310611160.5

(22)申请日 2013.11.26

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103840370 A

(43)申请公布日 2014.06.04

(30)优先权数据

2012-259129 2012.11.27 JP

2013-242961 2013.11.25 JP

(73)专利权人 日亚化学工业株式会社

地址 日本德岛县

(72)发明人 栢井真吾

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 樊建中

(51)Int.Cl.

H01S 5/343(2006.01)

(56)对比文件

US 6555403 B1,2003.04.29,

US 2008/0247435 A1,2008.10.09,

CN 100452583 C,2009.01.14,

CN 101499618 B,2012.08.01,

CN 101682172 B,2011.06.01,

CN 1484880 A,2004.03.24,

审查员 朱海

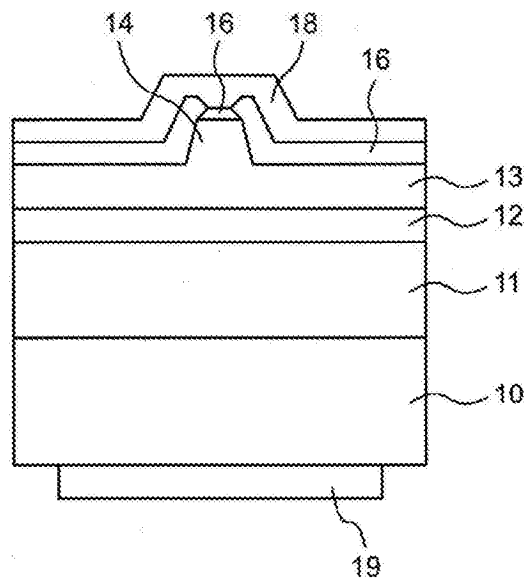
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

氮化物半导体激光器元件

(57)摘要

本发明实现提高了内部量子效率的氮化物半导体激光器元件。在氮化物半导体激光器元件中,在n型半导体层和p型半导体层之间具有活性层,上述n型半导体层具有n侧光导层,上述活性层具有2个以上阱层和设置在上述阱层之间的至少1个势垒层,上述势垒层具有带隙能量比上述n侧光导层的带隙能量高的势垒层,上述p型半导体层具有带隙能量比上述活性层中所含所有势垒层高的电子势垒层,具备配置在上述2个以上阱层之中最接近上述p型半导体层的阱层即最终阱层与上述电子势垒层之间的p侧光导层,上述p侧光导层具有:配置在上述最终阱层侧且带隙能量比上述n侧光导层低的第一区域和配置在上述电子势垒层侧且带隙能量比上述n侧光导层高的第二区域。



1. 一种氮化物半导体激光器元件, 在n型半导体层和p型半导体层之间具有活性层, 其特征在于,

上述n型半导体层具有n侧光导层,

上述活性层具有:

2个以上的阱层; 和

多个势垒层, 至少1个设置在上述阱层之间,

上述势垒层具有带隙能量比上述n侧光导层的带隙能量高的势垒层,

上述p型半导体层具有带隙能量比包含在上述活性层中的所有的势垒层高的电子势垒层,

具备配置在上述2个以上的阱层之中最接近上述p型半导体层的阱层即最终阱层与上述电子势垒层之间的p侧光导层,

上述p侧光导层具有:

配置在上述最终阱层侧且带隙能量比上述n侧光导层低的第一区域; 和

配置在上述电子势垒层侧且带隙能量比上述n侧光导层高的第二区域。

2. 根据权利要求1所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,

上述p侧光导层具有带能量从上述最终阱层侧起向上述电子势垒层侧按照大致直线状增加的层。

3. 根据权利要求2所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,

上述带能量按照大致直线状增加的层是化合物半导体的组分发生变化的组分渐变层。

4. 根据权利要求3所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,

上述组分渐变层的至少一部分含有In。

5. 根据权利要求3或4所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,

上述组分渐变层具有 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, 其中, $0 \leq x < 1, 0 \leq y < 1, 0 \leq x+y < 1$ 。

6. 根据权利要求3或4所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,

上述组分渐变层具有 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$, 其中, $0 \leq x < 1$ 。

7. 根据权利要求1~4中任一项所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,

上述p侧光导层与上述电子势垒层相接。

8. 根据权利要求1~4中任一项所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,

上述势垒层之中最接近上述n型半导体层的势垒层是第一势垒层, 上述第一势垒层的膜厚比阱层的膜厚厚。

9. 根据权利要求8所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,

上述第一势垒层含有 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以上的n型杂质。

10. 根据权利要求8所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,

上述n侧光导层的膜厚比上述第一势垒层的膜厚厚。

11. 根据权利要求8所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,

上述n侧光导层与上述第一势垒层相接, 该n侧光导层中的与第一势垒层相接的部分是非掺杂区域。

12. 根据权利要求1~4中任一项所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,

上述p侧光导层是非掺杂层。

13. 根据权利要求8所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,
上述阱层的总膜厚比除了第一势垒层以外的其他势垒层的总膜厚厚。

14. 根据权利要求1~4中任一项所述的氮化物半导体激光器元件, 其特征在于,
上述氮化物半导体激光器元件形成在C面氮化物基板上。

15. 一种氮化物半导体激光器元件, 在n型半导体层和p型半导体层之间具有活性层, 其特征在于,

上述n型半导体层具有n侧光导层,

上述活性层是在上述n侧光导层上依次层叠势垒层、阱层而成的单一量子阱构造,

上述势垒层具有比上述n侧光导层的带隙能量高的带隙能量,

在上述阱层上依次具有p侧光导层、以及带隙能量比上述势垒层高的电子势垒层,

上述p侧光导层具有:

配置在上述阱层侧且带隙能量比上述n侧光导层低的第一区域; 和

配置在上述电子势垒层侧且带隙能量比上述n侧光导层高的第二区域。

氮化物半导体激光器元件

技术领域

[0001] 本发明涉及氮化物半导体激光器元件。

背景技术

[0002] 今天,作为氮化物半导体元件的氮化物半导体激光器,在从紫外线区域至绿色,能够进行宽度较广的波长区域中的振荡,其应用范围没有停留在光盘系统的光源中,而期待多种应用。特别在可见光区域的比蓝紫色波段更长的波长波段侧,期待作为投影机用光源和电视机用光源这样的显示器用光源。

[0003] 在专利文献1中,记载有半导体激光器。该半导体激光器具有以下构造,即,在基板上具有n型包覆层、第一光导层、活性层、第二光导层、p型包覆层,上述第二光导层包括InGaN区域,该In组分从活性层侧朝着p型包覆层减少。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:JP特开2009—200437号公报

[0007] 专利文献2:JP特开2001—65632号公报

[0008] 但是,在这样的专利文献1中记载的构造的半导体激光器中,担心由于向活性层的光限制不充分从而阈值电流上升。此外,在这样的半导体激光器中,在光吸收多的电子势垒层中,担心光泄漏而使激光器特性恶化。

[0009] 此外,在n侧半导体层中也具有组分渐变的层,在这样的构造中存在电压上升的现象。该问题被认为通过掺杂杂质能够避免,但是另一方面,该杂质会吸收激光。其结果是,使激光器特性恶化。

[0010] 此外,在专利文献2中记载的半导体发光元件中,公开有在p侧势垒层中存在带能量(band energy)低的区域和高的区域这样的构造。但是,由于其总厚度小至10nm,作为光导层不发挥作用,所以担心光限制较弱从而激光器特性恶化。其结果是,采用该构造的半导体发光元件的内部量子效率降低。

[0011] 在氮化物半导体激光器元件中,在设为在阱层具有In含有氮化物层的量子阱构造的情况下,随着振荡波长变长,必须增加该In含有量。其结果是,由于在半导体层的内部产生较大形变,因此会产生结晶性的恶化和压电分极的增大所导致的内部量子效率的降低。另一方面,通过减薄阱层,能够抑制上述问题,但是阱层的载流子的限制变弱,载流子的溢出发生,内部量子效率会降低。

[0012] 此外,在构成激光器元件的层叠构造体中所含的波导路径的一部分的光导层,由于来自阱层的载流子的溢出,从而阱层以外的区域中的载流子浓度增加,因此会产生光吸收、非辐射复合(SRH(Shockley Read—Hall)非辐射复合、俄歇非辐射复合)或对振荡没有帮助的辐射复合。由此,会导致上述内部量子效率的降低这样的激光器特性的恶化。

[0013] 此外,尽管考虑为了增大载流子的限制而增大势垒层的能隙(energy gap)的构造、以及进一步增强势垒层的厚度的构造,但由于该势垒层本身还存在动作电压变高这样

的问题。

[0014] 进一步地,在上部包覆层和下部包覆层之间具有活性层的激光器元件中,在包含活性层在内的波导路径内需要确保用于限制光的折射率差。具体来说,在包覆层中使用Al组分比大的氮化物半导体,其结果,会产生结晶性的问题。这是由于,包含Al在内的氮化物半导体与不包含Al的其他的氮化物半导体相比,由于裂缝等的产生而存在结晶性较大恶化的趋势。

发明内容

[0015] 本发明鉴于上述事项而形成。即,本发明的目的在于,提供一种提高内部量子效率,并且使动作电压降低的氮化物半导体激光器元件。

[0016] 根据本发明,能够解决上述课题。该氮化物半导体激光器元件在n型半导体层和p型半导体层之间具有活性层,上述n型半导体层具有n侧光导层,上述活性层具有2个以上的阱层、和设置在上述阱层之间的至少1个势垒层,上述势垒层具有带隙能量比上述n侧光导层的带隙能量高的势垒层,上述p型半导体层具有带隙能量比包含在上述活性层中的所有的势垒层高的电子势垒层,具备配置在上述2个以上的阱层之中最接近上述p型半导体层的阱层即最终阱层与上述电子势垒层之间的p侧光导层,上述p侧光导层具有:配置在上述最终阱层侧且带隙能量比上述n侧光导层低的第一区域;和配置在上述电子势垒层侧且带隙能量比上述n侧光导层高的第二区域。

[0017] 发明效果

[0018] 本发明涉及的氮化物半导体激光器元件能够提高内部量子效率。此外,在本发明涉及的氮化物半导体激光器元件中,能够在低的动作电压下使用。

附图说明

[0019] 图1是表示本发明的一实施方式涉及的氮化物半导体激光器元件的构造和现有构造的带能量图像的图。

[0020] 图2是表示本发明的一实施方式涉及的氮化物半导体激光器元件的构造和现有构造的载流子浓度分布的图。

[0021] 图3是表示氮化物半导体激光器元件的现有构造和比较例的带能量图像的图。

[0022] 图4是表示氮化物半导体激光器元件的现有构造和比较例的载流子浓度分布的图。

[0023] 图5是表示本发明的一实施方式涉及的氮化物半导体激光器元件的构造和现有构造的带能量图像的图。

[0024] 图6是表示本发明的一实施方式涉及的氮化物半导体激光器元件的构造和现有构造的载流子浓度分布的图。

[0025] 图7是本发明的一实施方式涉及的氮化物半导体激光器元件和一比较例的I—L特性。

[0026] 图8是本发明的一实施方式涉及的氮化物半导体激光器元件和一比较例的I—V特性。

[0027] 图9是本发明的一实施方式涉及的氮化物半导体激光器元件和一比较例的I—L特

性。

[0028] 图10是本发明的一实施方式涉及的氮化物半导体激光器元件和一比较例的I—V特性。

[0029] 图11是本发明的一实施方式涉及的氮化物半导体激光器元件的示意剖面图。

[0030] 符号说明：

[0031] 100 氮化物半导体激光器元件

[0032] 10 基板

[0033] 11 n型半导体层

[0034] 12 活性层

[0035] 13 p型半导体层

[0036] 14 脊

[0037] 15 p侧电极

[0038] 16 保护膜

[0039] 18 p衬垫电极

[0040] 19 n侧电极

具体实施方式

[0041] 以下,说明用于实施本发明的方式。

[0042] 本发明的实施方式涉及的氮化物半导体激光器元件,是在n型半导体层和p型半导体层之间具有活性层的氮化物半导体激光器元件,上述n型半导体层具有n侧光导层,上述活性层具有2个以上的阱层、和设置在上述阱层之间的至少1个势垒层,上述势垒层具有带隙能量比上述n侧光导层的带隙能量高的势垒层,上述p型半导体层具有带隙能量比包含在上述活性层中的所有的势垒层高的电子势垒层,具备配置在上述2个以上的阱层之中最接近上述p型半导体层的阱层即最终阱层与上述电子势垒层之间的p侧光导层,上述p侧光导层具有:配置在上述最终阱层侧且带隙能量比上述n侧光导层低的第一区域、和配置在上述电子势垒层侧且带隙能量比上述n侧光导层高的第二区域。

[0043] 在采用这样的构造的激光器元件中,能够降低处于最终阱层和电子势垒层之间的p侧光导层的电子以及空穴浓度。由此,非辐射复合的概率减少,或者对振荡没有帮助的半导体层的辐射复合概率减少,内部量子效率上升。其结果,激光器元件的激光器特性得到提高。以下,关于对振荡没有帮助的半导体层的辐射复合,有时整体标记为非辐射复合。

[0044] 详细说明这些机制。

[0045] 一般,注入的电子以及空穴通过复合而在半导体层内被消耗。关于注入至阱层的电子和空穴的复合,一般由以下的模型式(1)表示。这里的R表示复合速度。

[0046] $R(n) = An + Bn^2 + Cn^3$ (1)

[0047] (n:载流子浓度,A:SRH非辐射复合系数,B:辐射复合系数,C:Auger复合系数)

[0048] 从该式可知,辐射复合以及非辐射复合的速度,即复合概率依赖于载流子浓度。此外,依赖于这样的载流子浓度的复合不仅仅在阱层中发生,而是在全部外延层中发生。即,能够推测出,通过降低阱层以外的载流子浓度,能够抑制激光器元件整体的非辐射复合,并且能够提高激光器元件的内部量子效率。

[0049] 以下举出例子说明上述事项。

[0050] 示出使用现有的构造的带能量图像图以及带模拟 (CROSSLIGHT Software Inc. 制作 LASTP 使用) 计算出的 p 侧光导层的振荡时载流子浓度分布图。这些是图 1 和图 2 的实线。在图 1 以及图 2 所示的模型中, 从横轴的左侧开始依次配置 n 侧光导层、第一势垒层、活性层 (除第一势垒层)、p 侧光导层、电子势垒层、以及 p 侧包覆层。在图 1 所示的带能量图像图中, 为了简便, 表示各层的带能量的大小关系。此外, 载流子浓度有电子浓度和空穴浓度这两个种类, 但是在 p 侧光导层中确认为大致相同浓度的载流子浓度分布, 为了简便, 仅示出电子浓度作为载流子浓度分布图。由图 2 可知, p 侧光导层 (p 侧光导层) 的载流子浓度从活性层起随着接近电子势垒层而增加。由于阱层 (活性层) 以外的载流子浓度变高, 该部分的非辐射复合概率 (SRH 复合、Auger 复合) 变高, 作为结果, 作为激光器元件的非辐射复合概率变高, 所以会使内部量子效率降低。此外, 对阱层以外的振荡没有帮助的辐射复合概率也变高, 这也成为使内部量子效率降低的原因。根据这些可认为是, 阱层以外的载流子浓度对非辐射复合概率的影响非常大。特别, 如果该载流子浓度超过 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, 则对内部量子效率的影响变大。

[0051] 另一方面可知, 在 p 侧光导层, 从阱层 (活性层侧) 起依次设置带能量比 n 侧光导层低的区域 (第一区域) 和带能量比 n 侧光导层高的区域 (第二区域), 由此降低 p 侧光导层的载流子浓度。图 1 的虚线示出该频带图像。此外, 图 2 的虚线示出载流子浓度分布图。可知, 在带能量低的区域中, 与现有构造相比较, 大致相同或者增加多一些载流子浓度, 但是在带能量高的区域中载流子浓度大幅减少。即, 明确可知, p 侧光导层中的非辐射复合概率大幅降低。该构造是本实施方式涉及的激光器元件的构造 (图 2 的虚线)。即, 通过采用本实施方式的激光器元件构造, 能够大幅降低最终阱层和电子势垒层之间的 p 侧光导层的电子以及空穴浓度。由此, 非辐射复合概率减少, 作为结果, 内部量子效率上升。

[0052] 进一步地, 通过将该 p 侧光导层的最终阱层侧设为带隙能量低的区域 (第一区域), 能够有效降低动作电压。该情况被认为是, 由于最终阱层和 p 侧光导层的带能量差变小, 所以动作电压降低。另一方面, 也担忧阱层的载流子的限制变弱, 会促进电子的溢出, 但是由于该激光器元件在 p 侧光导层的电子势垒层侧设置带隙能量高的区域 (第二区域), 所以在该部分能够阻止溢出的电子, 能够有效降低电子势垒层近前的电子载流子浓度。由此, 作为结果, 能够降低电压并且减少半导体层的非辐射复合概率, 提高内部量子效率。

[0053] 在此, 为了比较, 关于在 p 侧光导层中仅设置带能量低的区域的构造 (比较例 1) 和在 p 侧光导层中仅设置带能量高的区域的构造 (比较例 2) 进行说明。将这些频带图像图与现有构造图合在一起在图 3 中示出。此外, 同样地, 将载流子浓度分布图与现有构造图合在一起在图 4 中示出。在图 3 和图 4 中, 现有构造为实线, 比较例 1 的构造为虚线, 比较例 2 的构造为虚线。在 p 侧光导层中仅仅设置带能量低的区域的情况下, 如前所述, 电压降低。但是, 通过电子的溢出增加, p 侧光导层的载流子浓度增大, 与前述同样地, 内部量子效率降低。将这些由图 3 的虚线、图 4 的虚线示出。

[0054] 另一方面, 如果在 p 侧光导层中仅仅设置带能量高的区域, 则 p 侧光导层的载流子浓度减少一些, 尽管期待内部量子效率增加一些, 但是由于阱层和 p 侧光导层的势垒, 电压会上升。将这些由图 3 的虚线、和图 4 的虚线示出。此外, 此时的载流子浓度的减少与本发明的构造相比较极小, 其效果非常小。

[0055] 进一步地,在半导体激光器元件中也需要考虑向阱层的光限制。向阱层的光限制依赖于各层的折射率差来决定,折射率具有带能量越大的材料越低这样的趋势。如果p侧光导层是相比n侧光导层带能量较大的区域,则光向n侧光导层移动,所以向阱层的光限制变弱。另一方面,如果p侧光导层是相比n侧光导层带能量小的区域,则光向p侧光导层移动,所以同样地,向阱层的光限制变弱。进一步地,由于电子势垒层和p型半导体层的光吸收系数大,所以如果在p型半导体层(p型包覆层)中光泄漏,则光吸收变大,会使半导体激光器的特性恶化。本实施方式的氮化物半导体激光器元件与n侧光导层相比较,通过在p侧光导层中设置带能量小的区域和大的区域,能够有效地进行向阱层的光限制,通过设置带能量大的区域,能够将向p型半导体层的光的泄漏抑制在最小限度,能够提高半导体激光器的效率。

[0056] 图11是示意性地示出本发明的实施方式的氮化物半导体激光器元件的构成的附图。该氮化物半导体激光器元件100在基板10上具备:n型半导体层11、活性层12、p型半导体层13。这些层基本为多层构造。另外,本发明的氮化物半导体激光器元件不限定为该附图。

[0057] 此外,n型半导体层11至少具有n侧光导层。

[0058] 本实施方式的活性层12设为多重量子阱构造,具有2个以上的阱层和设置在上述阱层之间的至少1个势垒层。在阱层之中最接近n型半导体层的阱层是第一阱层。此外,在阱层之中最接近p型半导体层的阱层是最终阱层。势垒层具有带隙能量比上述n侧光导层的带隙能量高的势垒层。

[0059] p型半导体层13具有带隙能量比包含在活性层12中的所有的势垒层高的电子势垒层。此外,p型半导体层13在最终阱层和电子势垒层之间具有p侧光导层。该p侧光导层在最终阱层侧存在带隙能量比n侧光导层低的区域,在电子势垒层侧存在带隙能量比n侧光导层高的区域。

[0060] 本实施方式涉及的氮化物半导体激光器元件可以使用GaN、AlN、或InN、或者这些的混合结晶即III—V族氮化物半导体($\text{In}_\alpha\text{Al}_\beta\text{Ga}_{1-\alpha-\beta}\text{N}$, $0 \leq \alpha, 0 \leq \beta, \alpha + \beta \leq 1$)。此外,除了上述,也可以使用作为III族元素而包含B、和作为V族元素而用P、As置换N的一部分的混合结晶。此外,包含Al的氮化物半导体为 $\beta > 0$,包含In的氮化物半导体为 $\alpha > 0$ 。

[0061] 在上述氮化物半导体中存在含有杂质的层。具体来说,作为n型杂质,能够使用Si、Ge、Sn、S、O、Ti、Zr等IV族、或者VI族元素,优选使用Si、Ge、Sn。此外,作为p型杂质,列举Be、Zn、Mn、Cr、Mg、Ca等,优选使用Mg。由此,形成各导电型的氮化物半导体层。

[0062] 本实施方式的p侧光导层可以具有带能量从最终阱层侧向电子势垒层侧大致呈直线性增加的组分渐变层。将此时的带能量图像图以及载流子浓度分布图与现有构造相配合在图5和图6中示出。在图5和图6中,现有构造是由实线所示的构造,本实施方式的构造是由虚线所示的构造。通过由这样的虚线所示的本实施方式的构成,能够有效降低p侧光导层中的载流子浓度。在该组分渐变的层中,不是将带隙能量的增加设为直线性,也可以是在向上部或向下部弯曲的同时形成,但是大致直线性地使带隙能量增加能够最有效地使载流子浓度降低。如前所述,由于如果使p侧光导层的载流子浓度降低,则能够减少非辐射复合概率,所以在本发明的构成中能够大幅提高内部量子效率。该带能量大致直线状增加的层使化合物半导体的组分变化而形成。

[0063] 这里,如果仔细观察图6的图表,本发明的载流子浓度,在阱层附近的p侧光导层中,比现有构造的激光器元件高一些。但是,在现有构造中,随着接近电子势垒层侧,载流子

浓度变高,但是,在本实施方式的激光器元件中,载流子浓度没有增加,而是为大致固定。作为结果可知,较之于现有构造的p侧光导层,本实施方式的激光器元件中的p侧光导层的载流子浓度大幅降低。这样的现象,如果p侧光导层变厚,则变得显著。特别,在半导体激光器元件中,为了强化光限制,需要足够厚的p侧光导层,所以本实施方式的激光器元件的效果变大。进一步地,该带能量的渐变越急剧则越能够抑制载流子浓度的增加。

[0064] 该p侧光导层的组分渐变层优选在至少一部分中含有In。

[0065] 通过使含有该In的层进入上述位置,作为向阱层的形变缓冲层来发挥作用。这样具有由于含有In的结晶其本身的柔软性而使阱层的形变分散的效果。特别地,由于通过组分渐变从而阱层附近的部分的In组分大,所以认为是更有效地起作用。此外,认为也有In组分大的层的压电分极的抑制效果。

[0066] 该p侧光导层优选带能量比电子势垒层低。

[0067] 其理由是,在电子势垒层中得到阻止电子的效果,抑制p侧光导层的动作电压的上升。

[0068] p侧光导层的膜厚优选为500~5000Å。

[0069] 该p侧光导层优选与最终阱层、和/或上述电子势垒层相接。

[0070] 通过采用该构造,能够如上述这样减少p侧光导层的非辐射复合概率,并且效率良好地进行光的限制。

[0071] 该p侧光导层的组分渐变的层优选具有 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1, 0 \leq y < 1, 0 \leq x+y < 1$)。

[0072] 该p侧光导层的组分渐变的层优选具有 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$)。该组分渐变层能够作为形变缓冲层发挥作用。

[0073] 势垒层中最接近n型半导体层的势垒层是第一势垒层。该第一势垒层的膜厚优选比阱层的膜厚厚。

[0074] 第一势垒层优选含有 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以上的n型杂质。

[0075] 第一势垒层具有封阻来自阱层的空穴的溢出的效果,作为空穴封阻层发挥作用。通过设置该层,能够提高半导体元件的激光器特性。此外,第一势垒层由于作为空穴封阻层发挥作用,所以可以作为部分地夹着不包含n型杂质的薄膜的构造。

[0076] n侧光导层与第一势垒层相接,该n侧光导层中的该接触部优选为非掺杂区域。在第一势垒层作为空穴封阻层发挥作用的情况下,n侧光导层能够作为非掺杂区域。其结果,n侧光导层中的n型杂质浓度以及载流子浓度减少,通过非辐射复合概率的降低、以及光吸收系数的减少,能够提高半导体激光器特性。

[0077] 此外,为了在n侧光导层中得到限制光的效果,该n侧光导层的膜厚优选比第一势垒层厚。在将该n侧光导层作为非掺杂区域的情况下,如果如p侧光导层这样取通过组分渐变而在阱层方向上减少带能量这样的构造,则由于压电电场的影响在电压特性中会发生异常而电压上升。由此,n侧光导层优选为没有组分渐变的非掺杂区域的层。

[0078] p侧光导层优选是非掺杂层。如果进行掺杂,则载流子浓度增加,其结果是,由于非辐射复合概率的增加以及光吸收系数会增加,所以有时会使激光器特性显著恶化。而光导层也可以是n型半导体层。

[0079] 阱层的总膜厚(所有阱层的膜厚的总计)优选比除第一势垒层之外的其他势垒层

的总膜厚厚。通过取这样的构造,由于能够有效地抑制阱层涉及的压电电场,所以辐射复合概率上升,并且能够使动作电压减少。

[0080] 换言之,优选作为该其他的势垒层的中间势垒层的膜厚较薄。具体来说,该中间势垒层的各膜厚优选为60Å以下。

[0081] 该p侧光导层优选与电子势垒层相接。

[0082] 势垒层之中最接近n型半导体层的势垒层是第一势垒层。该第一势垒层的膜厚优选比阱层的膜厚厚。通过这样的构造,能够充分进行载流子的限制。特别,在减薄存在于第一势垒层以后的中间势垒层的膜厚的情况下是有效的。

[0083] 该第一势垒层的膜厚优选为20~200Å以下。此外,各阱层的膜厚为200Å以下即可。

[0084] 接着,说明本发明的实施方式2涉及的氮化物半导体激光器元件的构成。该氮化物半导体激光器元件是单一量子阱构造的激光器元件。在n型半导体层和p型半导体层之间具有活性层的氮化物半导体激光器元件中,上述n型半导体层具有n侧光导层,上述活性层是在上述n侧光导层上依次层叠势垒层、阱层而得到的单一量子阱构造,上述势垒层具有比上述n侧光导层的带隙能量高的带隙能量,上述p型半导体层在上述阱层上,依次具有p侧光导层、相比上述势垒层带隙能量高的电子势垒层,上述p侧光导层,在上述阱层侧存在相比上述n侧光导层带隙能量低的区域(第一区域),在上述电子势垒层侧存在相比上述n侧光导层带隙能量高的区域(第二区域)。

[0085] 以下,详细说明本发明涉及的实施例。另外,本发明当然不限定为以下的实施例。

[0086] [实施例1]

[0087] 以下,作为实施例,说明氮化物半导体激光器元件构造。

[0088] 在本实施例中,对氮化物半导体层的生长用基板10使用c面GaN基板。此外,也可以使用c面以外的m面和a面等非极性以及半极性GaN基板、或AlN等氮化物基板和与氮化物半导体不同的异种基板。作为异种基板,例如是以R面、以及A面中任一个为主面的蓝宝石这样的绝缘性基板、SiC(包含6H、4H、3C)、ZnS、ZnO、GaAs、Si等。此外,能够使用在与氮化物半导体不同的异种基板上使氮化物半导体生长的模板基板。例如,有在W上生长GaN的模板基板。此外,基板可以进行断开角(off angle),一般使用断开角为阶梯状的。

[0089] 此外,本实施例的效果被认为是在具有极性面的c面中效果特别大。在c面GaN基板上的元件中,通过阱层中的压电电场,电子易于从阱层溢出,p侧光导层的载流子浓度增加,由此易于降低内部量子效率。在本实施例中,由于能够抑制p侧光导层的载流子浓度的增加,所以其非辐射复合概率变小,作为结果,在c面GaN基板上的元件中,提高内部量子效率的效果变大。

[0090] 以下,说明振荡波长为460nm的蓝色激光器二极管。在氮化物半导体层的制作中利用了有机金属气相生长法(MOCVD法)。此外,在原料中,适当使用了三甲基镓(TMg)、三甲基铝(TMA)、三甲基铟(TMI)、氨、硅烷气体、二戊镁(Cp2Mg)。

[0091] 在c面GaN基板10上使n型半导体层11生长。具体来说,使由掺杂了Si的 $\text{Al}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$ 构成的基底层按照2.0μm的膜厚生长。

[0092] 接着,使由掺杂了Si的 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 构成的第一n侧半导体层按照0.15μm的膜厚生长。

[0093] 接着,使由掺杂了Si的 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ 构成的层按照 $1.0\mu\text{m}$ 的膜厚生长,接着使由掺杂了Si的GaN构成的层按照 $0.3\mu\text{m}$ 的膜厚生长。这些是第二n侧半导体层。

[0094] 接着,使由非掺杂的 $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ 层按照 $0.2\mu\text{m}$ 的膜厚生长。该层是n侧光导层。

[0095] 接着,使活性层12生长。使由掺杂了 $2\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 程度的Si的GaN构成的第一势垒层按照膜厚 $100\text{\AA}$ 生长。该层作为空穴封阻层发挥作用。在其上,依次使由非掺杂的 $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 构成的第一阱层按照膜厚 $35\text{\AA}$ 生长,使由非掺杂的GaN构成的中间势垒层按照膜厚 $35\text{\AA}$ 生长,使由非掺杂的 $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 构成的第二阱层按照膜厚 $35\text{\AA}$ 生长。接着,作为最终势垒层,使 $10\text{\AA}$ 的膜厚的GaN生长。该活性层的总膜厚成为大约 $115\text{\AA}$ 的多重量子阱构造(MQW)。如本实施例这样,可以在阱层和p侧光导层之间导入动作电压不上升的程度的最终势垒层。该层被认为是作为提高阱层的InGaN的分解的抑制、和结晶的平坦性的层来发挥作用。

[0096] 接着,在活性层12上,使p型半导体层13生长。具体来说,使由 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0\leq x<1$) 构成的p侧光导层生长。该p侧光导层作为组分渐变层生长。具体来说,将阱层侧作为 $\text{In}_{0.06}\text{Ga}_{0.94}\text{N}$,将电子势垒层侧作为GaN,按照组分渐变大致成为直线上的方式使In减少,并按照膜厚 $2000\text{\AA}$ 生长。

[0097] 接着,使电子势垒层生长。使由使用 Cp_2Mg 掺杂了Mg的 $\text{Al}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{N}$ 构成的电子势垒层按照 $100\text{\AA}$ 的膜厚生长。

[0098] 接着,使p侧包覆层生长。该p侧包覆层依次使由非掺杂的 $\text{Al}_{0.04}\text{Ga}_{0.96}\text{N}$ 构成的层按照 $1500\text{\AA}$ 的膜厚生长,使由Mg掺杂 $\text{Al}_{0.04}\text{Ga}_{0.96}\text{N}$ 构成的层按照 $1500\text{\AA}$ 的膜厚生长。

[0099] 接着,使p侧接触层生长。使由掺杂了Mg的p型GaN构成的p侧接触层按照 $150\text{\AA}$ 的膜厚生长。

[0100] 接着,从MOCVD炉内取出元件生长后的晶片,通过RIE形成了具有 $30\mu\text{m}$ 的宽度的条纹状的脊(ridge)。接着,在脊上按照 200nm 的膜厚形成了由ITO构成的p侧电极15。接着,按照 200nm 的膜厚形成了由 SiO_2 构成的绝缘膜16。该绝缘膜覆盖半导体层的上表面、脊14的侧面以及上表面的未形成p侧电极的区域(脊的两端的区域)。

[0101] 接着,形成了由Ni(膜厚 8nm)/Pd(膜厚 200nm)/Au(膜厚 800nm)/Pt(膜厚 200nm)/Au(膜厚 300nm)构成的衬垫18。最终层的膜厚 300nm 的Au在倒装(face down)安装时通过与AuSn的共晶而合金化。

[0102] 在从基板侧对具有以上构成的晶片进行研磨为 $80\mu\text{m}$ 后,在基板的下表面形成了由Ti(膜厚 6nm)/Au(膜厚 200nm)/Pt(膜厚 200nm)/Au(膜厚 300nm)构成的n侧电极19。

[0103] 接着,将M面作为劈开面将晶片劈开为条状,来作为多个条状晶片。在制成的条状晶片的射出面中形成AlN后,形成 $\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$,作为射出侧保护膜(射出侧反射镜)。此外,在条状晶片的反射面中,在形成AlN后形成了共计6对 $\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$,来作为反射侧保护膜(反射侧反射镜)。

[0104] 接着,在与脊平行的方向上切断条状晶片,得到谐振器长(与脊平行的方向的长度) $1200\mu\text{m}$ 、宽(与脊垂直的方向的激光器元件的长度) $150\mu\text{m}$ 的半导体激光器元件。

[0105] 上述这样制成的氮化物半导体激光器元件以 460nm 进行振荡。

[0106] 在实施例1中制成的激光器元件的I—L特性、I—V特性分别由图7和图8的实线示

出。此外,作为比较例3,除了将p侧光导层采用 $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ 将膜厚作为 $2000\text{\AA}$ 的单层以外,按照与实施例1相同的构造制成的激光器元件的I—L特性、I—V特性由图7和图8的虚线示出。

[0107] 在本发明的实施例1中,与比较例3相比,确认出,通过斜率效率的增加,光输出得到提高,并且电压降低。这如图5和图6所示,得到p侧光导层的载流子浓度增加的抑制所导致的非辐射复合概率减少的效果,由于提高了内部量子效率,所以被认为是提高了光输出。进一步地,被认为是由于在p侧光导层中通过在阱层侧层中设置带能量小的层,从而电压降低。

[0108] [实施例2]

[0109] 实施例2涉及与实施例1不同的振荡波长的激光器元件。该实施例2的激光器元件是振荡波长为 515nm 的绿色激光器。采用与实施例1相同的方法进行了激光器元件的制作。半导体层将第一阱层和第二阱层作为非掺杂的 $\text{In}_{0.30}\text{Ga}_{0.70}\text{N}$,使其按照膜厚 $25\text{\AA}$ 来生长。此外,将中间势垒层作为非掺杂的 GaN ,使其按照膜厚 $25\text{\AA}$ 来生长。此外,将p侧光导层的阱层侧作为 $\text{In}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$,将电子势垒层侧作为 GaN ,按照 In 成为大致直线上的方式来建立组分渐变并使其按照 $2000\text{\AA}$ 生长。除这些构造以外,制作了与实施例1相同构造的元件构造。该激光器元件的脊宽度设为 $15\mu\text{m}$ 。

[0110] 这样制成的激光器元件以 515nm 进行振荡。

[0111] 在实施例2中制成的激光器元件的I—L特性由图9的实线示出,I—V特性由图10的实线示出。此外,作为比较例4,除了将活性层的中间势垒层作为 $140\text{\AA}$,将p侧光导层作为 $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ $2000\text{\AA}$ 的单层以外,按照与实施例2相同的构造制成的激光器元件的I—L特性由图9的虚线示出,I—V特性由图10的虚线示出。

[0112] 在实施例2和比较例4的比较中,不仅斜率效率的增加导致的光输出的大幅提高,阈值电流也较大降低。该阈值电流的差异在实施例1中看不到显著的差。在如本实施例这样的绿色长波区域中,必须生长高混晶 In 结晶的阱层,不仅压电电场也会较大产生,还会产生大的晶格形变,结晶性也会恶化。由此,为了抑制压电电场并保持结晶性,需要减薄阱层的厚度,但是反之,载流子的限制变弱,从阱层起电子的溢出变得更显著。由于这样的理由,p侧光导层的载流子浓度增加的抑制效果大幅呈现,内部量子效率大幅提高,被认为是不仅实现了斜率效率的提高,也实现了大幅度的阈值电流的降低。此外,根据与实施例1相同的理由,在实施例2中,相比比较例4电压更降低。这是通过中间势垒层的厚度变得比阱层的总膜厚更薄,从而观察到大幅度的电压的降低的效果。特别,在绿色长波区域中,向阱层的光限制变强的效果也显著呈现,被认为是实现了特性的提高。

[0113] 工业实用性

[0114] 本发明涉及的激光器元件除了光盘用光源以外,也能够投影机用光源或电视机用光源这样的显示器用光源和医疗用光源等中进行利用。

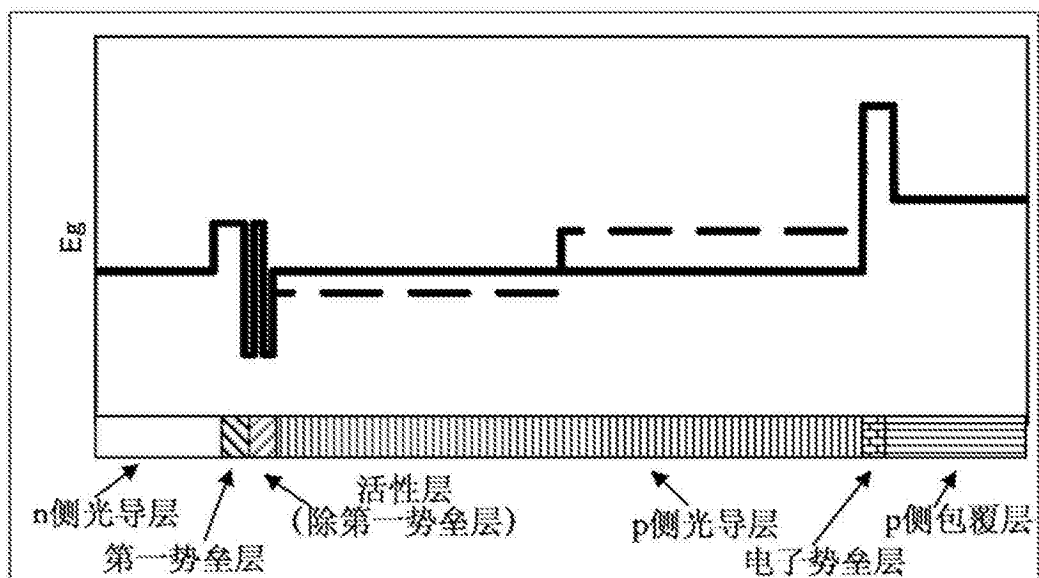


图1

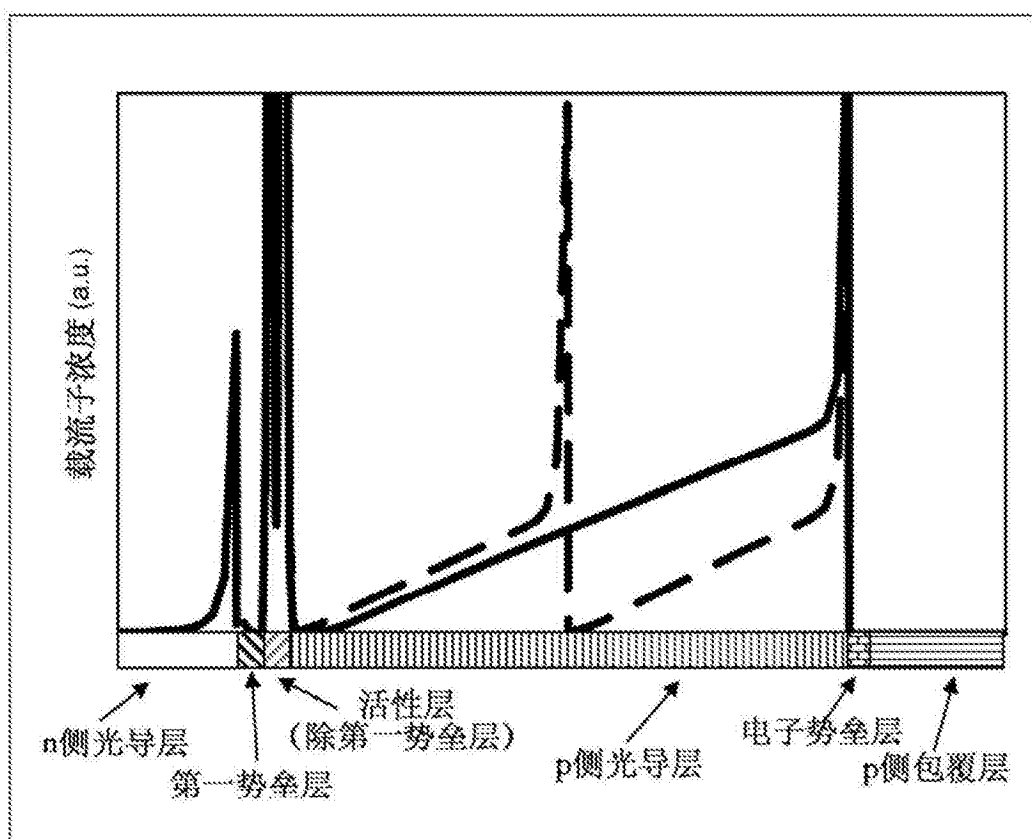


图2

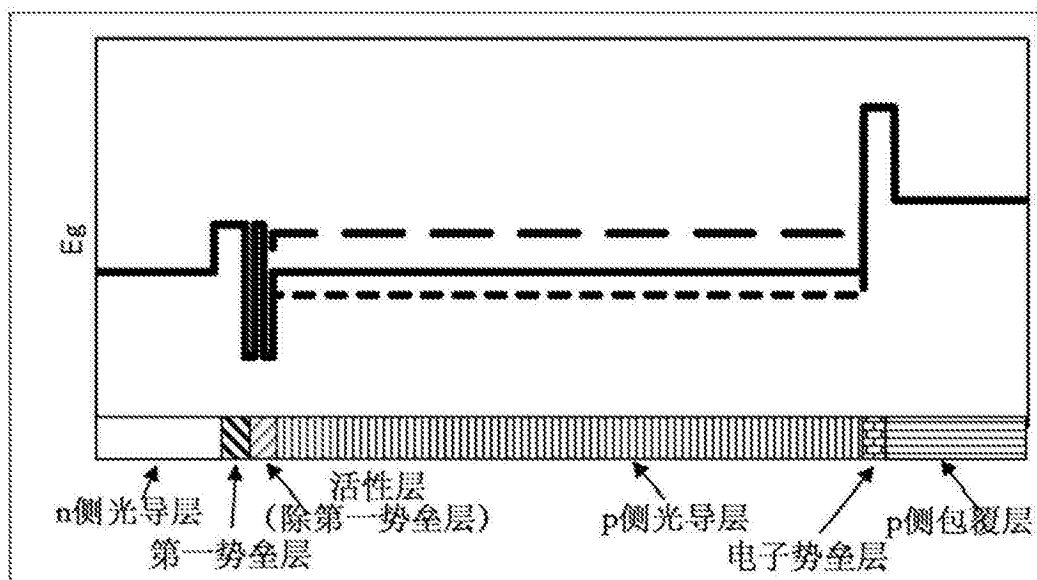


图3

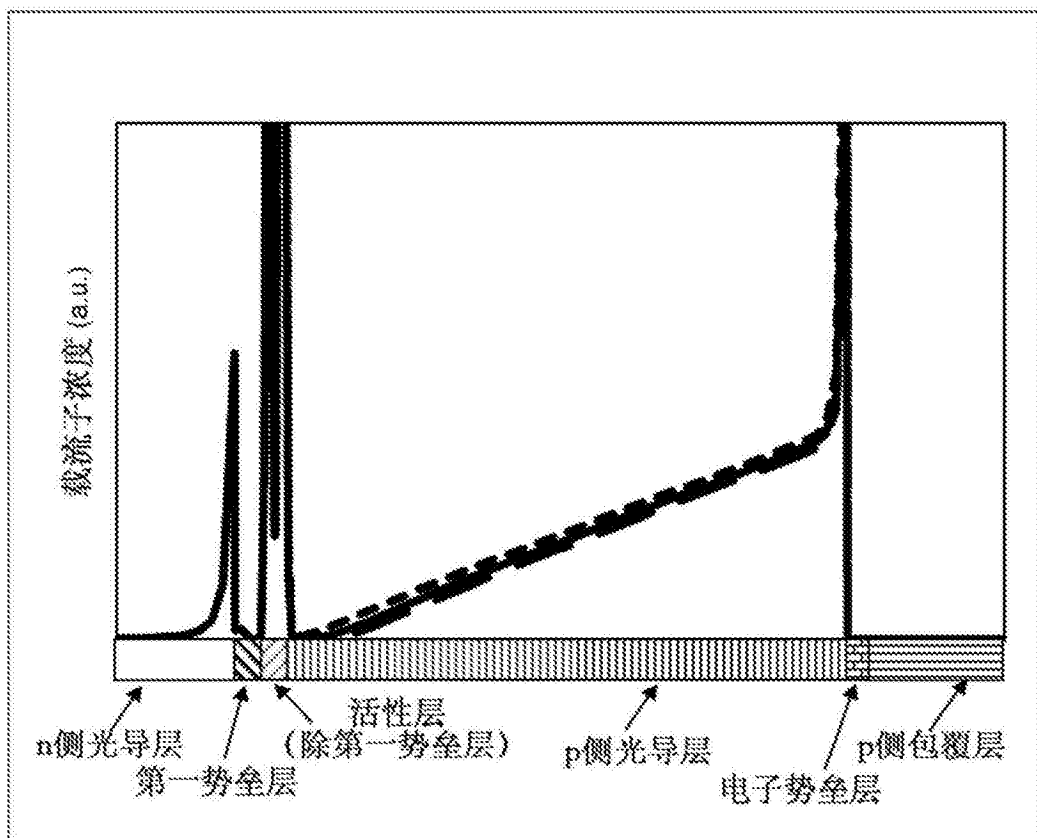


图4

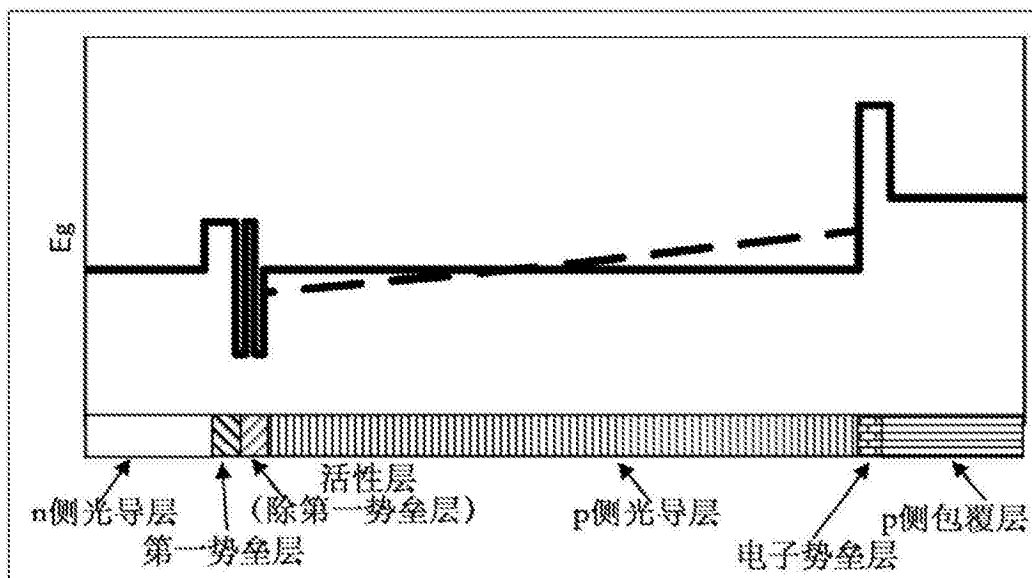


图5

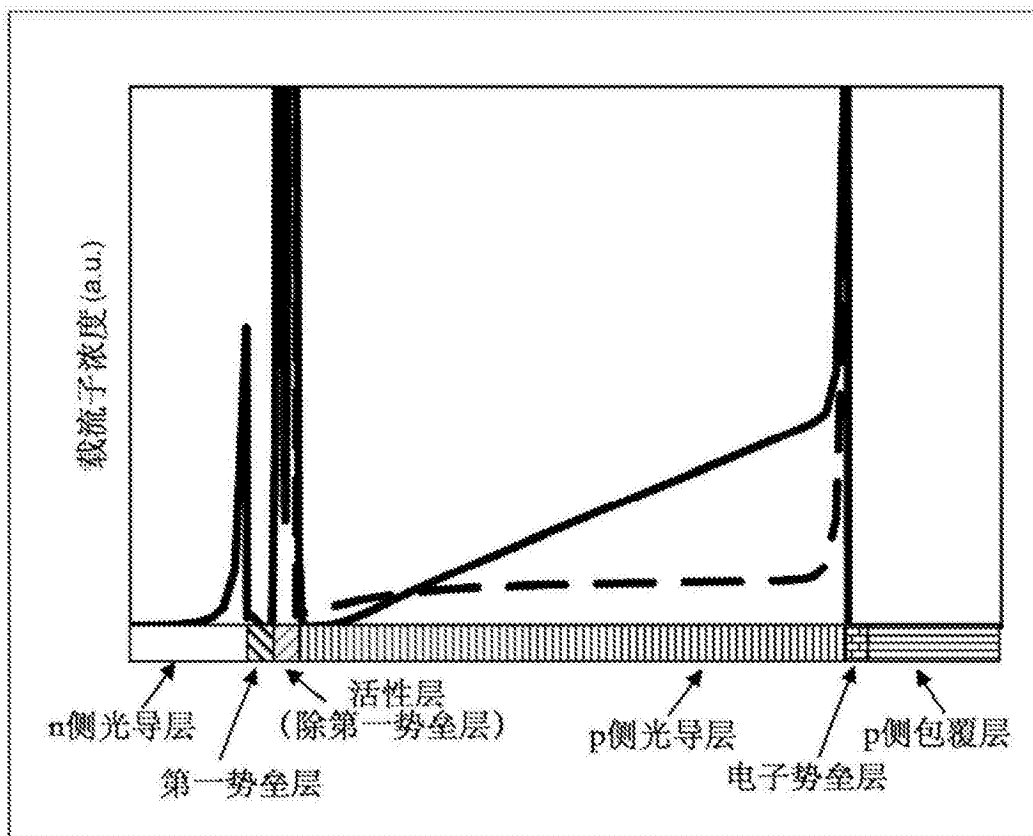


图6

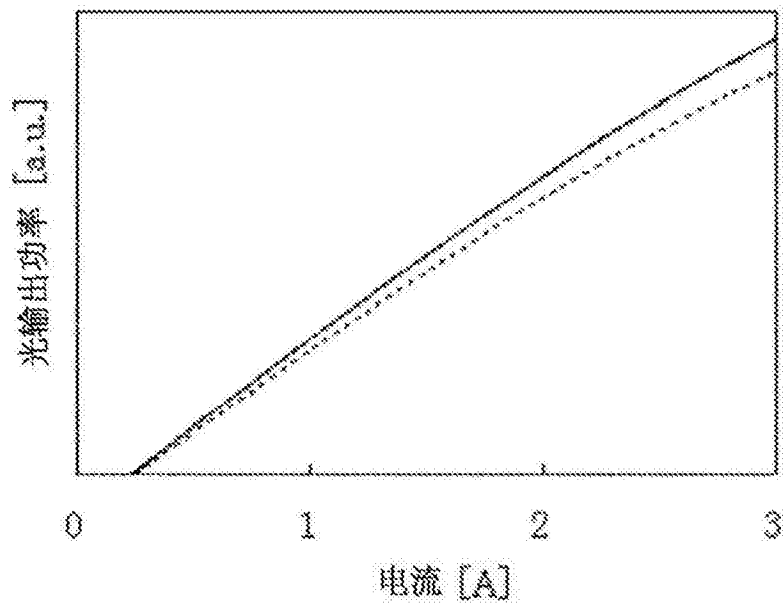


图7

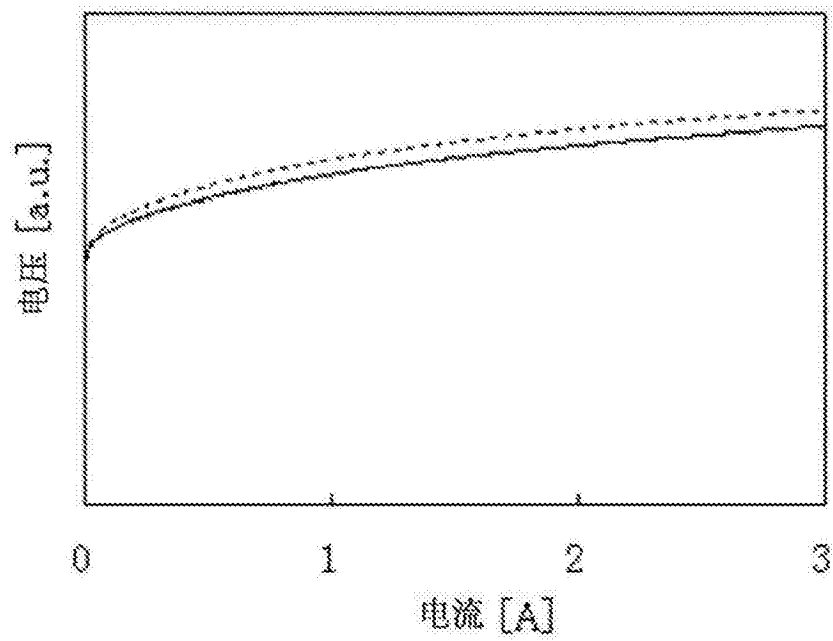


图8

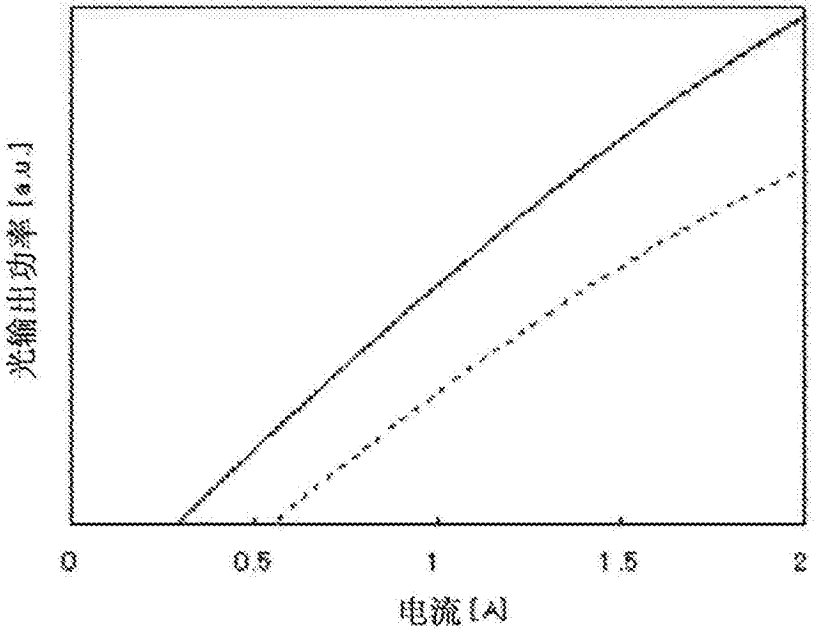


图9

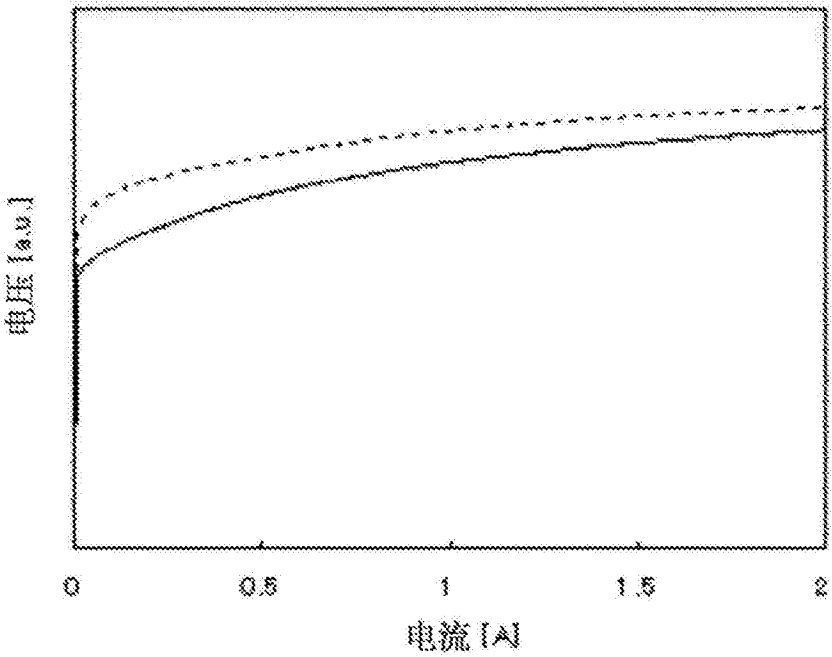


图10

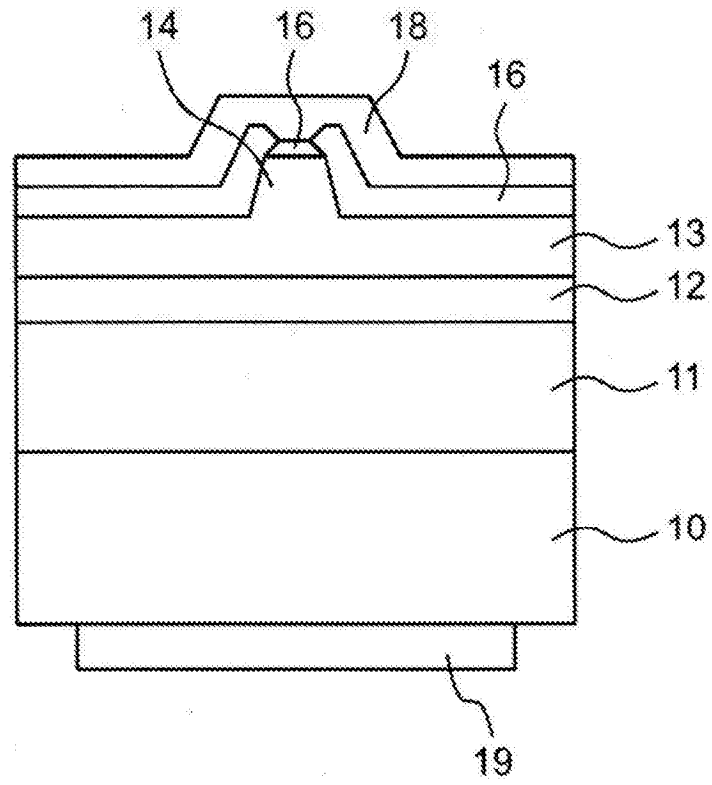


图11