

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

H01S 5/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510120114.0

[45] 授权公告日 2009年3月25日

[11] 授权公告号 CN 100472826C

[22] 申请日 2005.11.4

[21] 申请号 200510120114.0

[30] 优先权

[32] 2004.11.4 [33] JP [31] 320986/04

[73] 专利权人 夏普株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 山本健作

[56] 参考文献

US6649437B1 2003.11.18

US2004/0104395A1 2004.6.3

US6762069B2 2004.7.13

CN1330416A 2002.1.9

US2004/0191939 2004.9.30

US6797987B2 2004.9.28

审查员 陈 龙

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 邵亚丽 李晓舒

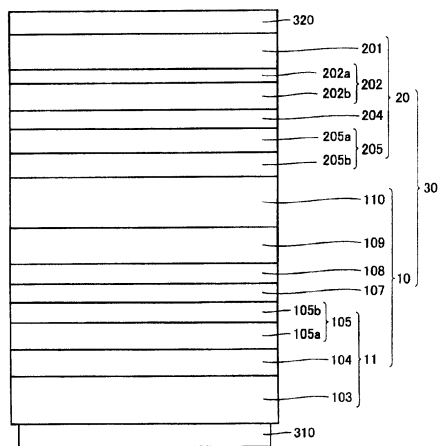
权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 4 页

[54] 发明名称

III - V 族化合物半导体发光元件及其制造方法

[57] 摘要

一种 III - V 族化合物半导体发光元件是包含 III - V 族化合物半导体的发光元件, 其特征在于, 包含第一层叠体(10)和第二层叠体(20), 第一层叠体(10)包含 III - V 族化合物半导体层叠体(11)、在 III - V 族化合物半导体层叠体(11)的一个主面侧形成的反射层(108)、第一扩散抑制层(109)、第一金属层(110), 第二层叠体(20)包含半导体衬底(201)和第二金属层(205), 第一层叠体(10)和第二层叠体(20)由第一金属层(110)和第二金属层(205)接合, 通过第一扩散抑制层(109)抑制反射层(108)和第一金属层(110)之间的原子的扩散。由此, 可提供一种对芯片面积周围的外部的光取出效率高的 III - V 族化合物半导体元件及其制造方法。



1.一种 III-V 族化合物半导体发光元件，是包含 III-V 族化合物半导体的发光元件，其特征在于，

包含第一层叠体和第二层叠体，

所述第一层叠体包含由依次层叠的 n 型半导体层、活性层、以及 p 型半导体层形成的 III-V 族化合物半导体层叠体、以及在所述 III-V 族化合物半导体的一个主面侧形成的反射层、第一扩散抑制层、第一金属层，

所述第二层叠体包含半导体衬底、欧姆接触金属层、第二扩散抑制层和第二金属层，通过在所述半导体衬底上依次层叠欧姆接触金属层、所述第二扩散抑制层和第二金属层而形成，

所述第一层叠体和第二层叠体由所述第一金属层和所述第二金属层接合，

通过所述第一扩散抑制层抑制所述反射层和所述第一金属层之间的原子的扩散。

2.如权利要求 1 所述的 III-V 族化合物半导体发光元件，其特征在于，

所述第一扩散抑制层通过与所述反射层和所述第一金属层两者相接来抑制所述反射层和所述第一金属层之间的原子的扩散。

3.如权利要求 1 所述的 III-V 族化合物半导体发光元件，其特征在于，

所述第一扩散抑制层对所述反射层和所述第一金属层两者具有导电性。

4.如权利要求 1 所述的 III-V 族化合物半导体发光元件，其特征在于，

所述第一扩散抑制层对所述反射层和所述第一金属层的至少其中一方的层含有扩散速度慢的金属。

5.如权利要求 4 所述的 III-V 族化合物半导体发光元件，其特征在于，

所述扩散速度慢的金属是从由 W、Mo、Nb、Ni 以及 Ti 构成的组中选择的至少一种金属。

6.如权利要求 4 所述的 III-V 族化合物半导体发光元件，其特征在于，

所述扩散速度慢的金属是 Ni-Ti 合金。

7.如权利要求 1 所述的 III-V 族化合物半导体发光元件，其特征在于，

所述第二扩散抑制层对所述欧姆接触金属层和所述第二金属层两者具有导电性。

8.如权利要求1所述的 III-V 族化合物半导体发光元件,其特征在于,所述第二扩散抑制层对所述欧姆接触金属层和所述第二金属层的至少一层含有扩散速度慢的金属。

9.如权利要求8所述的 III-V 族化合物半导体发光元件,其特征在于,所述扩散速度慢的金属是从由 W、Mo、Nb、Ni 以及 Ti 构成的组中选择的至少一种金属。

10.如权利要求8所述的 III-V 族化合物半导体发光元件,其特征在于,所述扩散速度慢的金属是 Ni-Ti 合金。

11.如权利要求1所述的 III-V 族化合物半导体发光元件,其特征在于,所述第一扩散抑制层的厚度大于等于 50nm。

12.如权利要求1所述的 III-V 族化合物半导体发光元件,其特征在于,所述第一金属层和所述第二金属层含有从由 Ag、Au、Sn、Cu、Pd、In、Ge、Bi、Zn 以及 Pb 组成的组中选择的至少一种金属。

13.如权利要求1所述的 III-V 族化合物半导体发光元件,其特征在于,所述反射层含有从由 Ag、Al、Rh 以及 Pd 组成的组中选择的至少一种高反射率的金属。

14.如权利要求1所述的 III-V 族化合物半导体发光元件,其特征在于,所述反射层含有从由 Ag、Al、Rh 以及 Pd 组成的组中选择的至少一种高反射率的金属和从由 Au、Pt、Pd、Rh、Cu、Nd 以及 Bi 组成的组中选择的至少一种金属。

15.如权利要求1所述的 III-V 族化合物半导体发光元件,其特征在于,所述反射层包含从由 Ag-Nd、Ag-Au、Ag-Pt、Ag-Rh、Ag-Cu、Ag-Pd、Ag-Cu-Nd、Ag-Bi-Nd、Ag-Pd、Ag-Cu-Pd、Al-Nd、Al-Au、Al-Pt、Al-Rh、Al-Cu、Al-Pd、Al-Cu-Nd、Al-Bi-Nd、Al-Pd 以及 Al-Cu-Pd 构成的组中选择的一种合金。

16.如权利要求1所述的 III-V 族化合物半导体发光元件,其特征在于,所述半导体衬底的电阻率大于等于 $1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ 、小于等于 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

17.如权利要求1所述的 III-V 族化合物半导体发光元件,其特征在于,所述半导体衬底的热传导率大于等于 $0.5 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

18.如权利要求1所述的 III-V 族化合物半导体发光元件,其特征在于,所述半导体衬底是从由 Si 衬底、GaAs 衬底、ZnO 衬底、Cu 衬底、W 衬

底、CuW 衬底、Mo 衬底、InP 衬底、GaN 衬底、SiC 衬底以及 GaP 衬底构成的组中选择的一种衬底。

19.一种 III-V 族化合物半导体发光元件的制造方法，是包含 III-V 族化合物半导体的发光元件的制造方法，包含：

在基底衬底上形成包含依次层叠 III-V 族化合物半导体层叠体、反射层、第一扩散抑制层和第一金属层的第一层叠体的步骤；

形成包含半导体衬底、在所述半导体衬底上依次层叠的欧姆接触金属层、第二扩散抑制层和第二金属层的第二层叠体的步骤；

用所述第一金属层和所述第二金属层接合所述第一层叠体和所述第二层叠体的步骤；以及

从所述第一层叠体除去基底衬底的步骤。

20.如权利要求 19 所述的 III-V 族化合物半导体发光元件的制造方法，其特征在于，

通过热以及压力在真空或惰性气体中接合所述第一金属层和所述第二金属层。

21.如权利要求 19 所述的 III-V 族化合物半导体发光元件的制造方法，其特征在于，

所述半导体衬底的线膨胀系数和所述基底衬底的线膨胀系数的差小于等于 $1.0 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$ 。

22.如权利要求 19 所述的 III-V 族化合物半导体发光元件的制造方法，其特征在于，

通过从所述基底衬底侧照射激光，从所述第一层叠体除去所述基底衬底。

23.如权利要求 22 所述的 III-V 族化合物半导体发光元件的制造方法，其特征在于，

所述激光的能量小于等于所述基底衬底的禁带宽度，大于等于以除去为目的的层的缓冲层的禁带宽度。

24.如权利要求 19 所述的 III-V 族化合物半导体发光元件的制造方法，其特征在于，

在所述第一层叠体中，在所述反射层和所述第一金属层之间形成第一扩散抑制层，通过所述第一扩散抑制层抑制所述反射层和所述第一金属层之间的原子的扩散。

III-V 族化合物半导体发光元件及其制造方法

技术领域

本发明涉及 III-V 族化合物半导体发光元件及其制造方法，特别涉及发光的外部取出效率高的 III-V 族化合物半导体发光元件及其制造方法。

背景技术

以往，III 族氮化物半导体发光元件中主要使用蓝宝石衬底，包含蓝宝石衬底的氮化物半导体发光元件已被商品化。在这样的情况下，由于蓝宝石衬底为绝缘性，所以在衬底的一个主面上生长的多个 III 族氮化物半导体层上配置 p 侧电极和 n 侧电极的两个电极（例如，参照特开 2003-163373 号公报（以下称为专利文献 1）以及特开 2002-026392 号公报（以下称为专利文献 2））。

参照图 6，专利文献 1 中公开的 III 族氮化物半导体发光元件在蓝宝石衬底 601 上依次层叠缓冲（buffer）层 602、第一反射层 606、n 型半导体层 603、发光层 604、p 型半导体层 605、第二反射层 607 以及 p 侧电极 608。而且，在部分露出的 n 型半导体层 603 上形成有 n 侧电极 609。另外，在图 6 的例子中，第二反射层 607 兼作 p 侧电极 608。

即，在图 6 所示的发光元件中，从发光层 604 辐射的光在第一反射层 606 和第二反射层 607 之间谐振之后，高效地通过蓝宝石衬底 601 向外部射出，由此，提高发光元件的光输出。因此，第一反射层 606 具有比第二反射层 607 低的反射率。

此外，在专利文献 2 中公开的半导体发光元件中，也同样通过在 P 型半导体侧设置高反射率的电极，使来自发光层的光向蓝宝石衬底侧反射，从而提高光向外部的取出效率。

在上述专利文献 1 以及专利文献 2 中公开的发光元件中，在衬底的一个主面上形成的半导体层层叠体上设置 n 侧电极以及 p 侧电极。该发光元件和外部通过金属制的导线（wire）连接。此时，通过在该发光元件的 p 侧电极 608 以及 n 侧电极 609 上制造的焊盘（pad）电极阻挡将发光层的光向外部取出。此外，作为露出 n 型半导体 603 的结果，需要除去发光元件的一部分的

发光层 604 来制造 n 侧电极 609，因此在发光元件中设置非发光部分，在衬底面方向上活性层的发光面积比芯片面积小，因此产生芯片面积周围的发光元件的光取出发生损失的问题。

此外，在上述专利文献 1 以及专利文献 2 中公开的发光元件中，p 型 GaN 层上设置有高反射率的金属层（反射层），因此来自活性层的光依赖于元件结构，由上述反射层反射并经由衬底射出。但是，由于对反射层和与其相接的层使用金属，所以各个层内的原子发生相互扩散。因此，产生不同种原子从与反射层相接的金属层流入反射层，反射层的反射率降低的问题。

发明内容

本发明的目的在于提供对芯片面积周围的外部的光取出效率高的 III-V 族化合物半导体元件及其制造方法。

本发明的 III-V 族化合物半导体发光元件，是包含 III-V 族化合物半导体的发光元件，其中，包含第一层叠体和第二层叠体，所述第一层叠体包含由依次层叠的 n 型半导体层、活性层、以及 p 型半导体层形成的 III-V 族化合物半导体层叠体、以及在所述 III-V 族化合物半导体的一个主面侧形成的反射层、第一扩散抑制层、第一金属层，所述第二层叠体包含半导体衬底、欧姆接触金属层、第二扩散抑制层和第二金属层，通过在所述半导体衬底上依次层叠欧姆接触金属层、所述第二扩散抑制层和第二金属层而形成，所述第一层叠体和第二层叠体由所述第一金属层和所述第二金属层接合，通过所述第一扩散抑制层抑制所述反射层和所述第一金属层之间的原子的扩散。

本发明的 III-V 族化合物半导体发光元件的制造方法，是包含 III-V 族化合物半导体的发光元件的制造方法，包含：在基底衬底上形成包含依次层叠 III-V 族化合物半导体层叠体、反射层、第一扩散抑制层和第一金属层的第一层叠体的步骤；形成包含半导体衬底、在所述半导体衬底上依次层叠的欧姆接触金属层、第二扩散抑制层和第二金属层的第二层叠体的步骤；用所述第一金属层和所述第二金属层接合所述第一层叠体和所述第二层叠体的步骤；以及从所述第一层叠体除去基底衬底的步骤。

为了达成上述目的，本发明是包含 III-V 族化合物半导体的发光元件，其特征在于，包含第一层叠体和第二层叠体，所述第一层叠体包含依次层叠了 n 型半导体层、活性层、以及 p 型半导体层的 III-V 族化合物半导体层叠体、在该

III-V 族化合物半导体的一个主面侧形成的反射层、第一扩散抑制层、第一金属层，第二层叠体包含半导体衬底和第二金属层，第一层叠体和第二层叠体由第一金属层和第二金属层接合，通过第一扩散抑制层抑制反射层和第一金属层之间的原子的扩散。

在本发明的 III-V 族化合物半导体发光元件中，上述第一扩散抑制层通过与反射层和第一金属层两者相接，可以抑制反射层和第一金属层之间的原子的扩散。此外，上述第一扩散抑制层可以对反射层和第一金属层两者具有导电性。此外，上述第一扩散抑制层可以对反射层和第一金属层的至少一个层含有扩散速度慢的金属。

此外，在本发明的 III-V 族化合物半导体发光元件中，上述第二层叠体还包含欧姆接触金属层和第二扩散抑制层，可以通过第二扩散抑制层抑制欧姆接触金属层和第二金属层之间的原子扩散。这里，上述第二扩散抑制层通过与欧姆接触金属层和第二金属层两者相接，可以抑制反射层和第二金属层之间的原子的扩散。此外，上述第二扩散抑制层可以对欧姆接触金属层和第二金属层两者具有导电性。此外，上述第二扩散抑制层可以对欧姆接触金属层和第二金属层的至少一层具有扩散速度慢的金属。

此外,在本发明的 III-V 族化合物半导体发光元件的扩散抑制层中,可以将上述扩散速度慢的金属设为从 W、Mo、Nb、Ni 以及 Ti 构成的组中选择的至少一种金属。此外,可以将上述扩散速度慢的金属设为 Ni-Ti 合金。此外,可以将该扩散抑制层的厚度设为大于等于 50nm。

此外,本发明的 III-V 族化合物半导体发光元件的金属层可以含有从 Ag、Au、Sn、Cu、Pd、In、Ge、Bi、Zn 以及 Pb 构成的组中选择的至少一种金属。

此外,本发明的 III-V 族化合物半导体发光元件的反射层可以含有从 Ag、Al、Rh 以及 Pd 构成的组中选择的至少一种高反射率的金属。此外,该反射层还可以包含从 Au、Pt、Pd、Rh、Cu、Nd 以及 Bi 构成的组中选择的至少一种金属。进而,该反射层可以包含从 Ag-Nd、Ag-Au、Ag-Pt、Ag-Rh、Ag-Cu、Ag-Pd、Ag-Cu-Nd、Ag-Bi-Nd、Ag-Pd、Ag-Cu-Pd、Al-Nd、Al-Au、Al-Pt、Al-Rh、Al-Cu、Al-Pd、Al-Cu-Nd、Al-Bi-Nd、Al-Pd 以及 Al-Cu-Pd 构成的组中选择的一种合金。

此外,可以将本发明的 III-V 族化合物半导体发光元件的半导体衬底的电阻率设为大于等于 $1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ 小于等于 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 。此外,可以将上述半导体衬底的热传导率设为构成 III-V 族化合物半导体层叠体的 III 族化合物半导体中的最高的热传导率以上。进而,可以将上述半导体衬底设为从 Si 衬底、GaAs 衬底、ZnO 衬底、Cu 衬底、W 衬底、CuW 衬底、Mo 衬底、InP 衬底、GaN 衬底、SiC 衬底以及 GaP 衬底构成的组中选择的一种衬底。

本发明是包含 III-V 族化合物半导体的发光元件的制造方法,包含:在基底衬底上形成包含 III-V 族化合物半导体层叠体和反射层以及第一金属层的第一层叠体的步骤;形成包含半导体衬底和第二金属层的第二层叠体的步骤;用第一金属层和第二金属层接合第一层叠体和第二层叠体的步骤;从第一层叠体除去基底衬底的步骤。

在本发明的 III-V 族化合物半导体发光元件的制造方法中,可以通过热以及压力在真空中或惰性气体中接合第一金属层和第二金属层。此外,可以将半导体衬底的线膨胀系数和基底衬底的线膨胀系数的差设为小于等于 $1.0 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$ 。进而,通过从基底衬底侧照射激光,可以从第一层叠体除去基底衬底。这里,可以将上述激光的能量设为基底衬底的禁带宽度以下、以除去为目的层的禁带宽度以上。此外,在上述第一层叠体中,在所述反射层和所述第一金属层之间形成第一扩散抑制层,通过第一扩散抑制层可以抑制反射层

和所述第一金属层之间的原子的扩散。进而，在上述第二层叠体中，在欧姆接触金属层和第二金属层之间形成第二扩散抑制层，通过第二扩散抑制层可以抑制所述欧姆接触金属层和第二金属层之间的原子的扩散。

如上所述，根据本发明，可以提供对于光向芯片面积周围的外部的取出效率高的 III-V 族化合物半导体元件及其制造方法。

通过关联附图的本发明下述详细的说明，本发明的上述以及其它的目的、特征、方面以及优点变得更清楚。

附图说明

图 1 是表示本发明的一个 III-V 族化合物半导体发光元件的示意剖面图。

图 2 是表示本发明的一个 III-V 族化合物半导体发光元件的制造步骤中的第一层叠体的示意剖面图。

图 3 是表示本发明的一个 III-V 族化合物半导体发光元件的制造步骤中的第二层叠体的示意剖面图。

图 4 是表示本发明的一个 III-V 族化合物半导体发光元件的制造步骤中的层叠体的示意剖面图。

图 5 是表示在 III-V 族化合物发光元件中发光的反射率对于扩散抑制层的种类和厚度而不同的图。

图 6 是表示现有的 III-V 族化合物半导体发光元件的示意剖面图。

具体实施方式

参照图 1，本发明的一个 III-V 族化合物半导体发光元件是包含 III-V 族化合物半导体的发光元件，包含第一层叠体 10 和第二层叠体 20，第一层叠体 10 包含依次层叠了 n 型半导体层 103、活性层 104、以及 p 型半导体层 105 的 III-V 族化合物半导体层叠体 11、在该 III-V 族化合物半导体层叠体 11 的一个主面侧形成的用于反射从欧姆接触金属层 107 和活性层 104 辐射的光的反射层 108、第一扩散抑制层 109、第一金属层 110，第二层叠体 20 包含导电性衬底 201、欧姆接触金属层 202、第二扩散抑制层 204 和第二金属层 205，第一层叠体 10 和第二层叠体 20 通过第一金属层 110 和第二金属层 205 互相接合，通过第一扩散抑制层 109 位于反射层 108 和第一金属层 110 之间，第二扩散抑制层 204 位于欧姆接触金属层 202 和第二金属层 205 之间，反射层

108 和第一金属层 110 之间的原子扩散以及欧姆接触金属层 202 和第二金属层 205 之间的原子扩散被抑制。这里，两个层间的原子的扩散包含一层中包含的原子扩散到其它层、同时其它层中包含的原子扩散到一层的相互扩散的情况，以及仅一层中包含的原子扩散到其它层的单方扩散的情况的任何一种情况。

这样，包含层叠了 n 型半导体层 103、作为发光层的活性层 104 以及 p 型半导体层 105 的 III-V 族化合物半导体层叠体 11，在该 III-V 族化合物半导体层叠体 11 的一个主面侧形成的包含反射层 108、第一扩散抑制层 109 以及第一金属层 110 的第一层叠体 10 和包含半导体衬底 201 以及第二金属层 205 的第二层叠体 20 通过第一金属层 10 和第二金属层 20 接合，从而可以在由第一层叠体 10 以及第二层叠体 20 构成的层叠体 30 的两侧的主面上形成电极，可以制造向芯片面积周围的外部的光取出效率高的发光元件，同时由于扩散抑制层位于反射层和第一金属层之间，从而反射层 108 和第一金属层 110 之间的原子的扩散通过扩散抑制层 109 被抑制，反射层的反射率被维持得高，因此光的外部取出效率进一步提高。

本发明的一个 III-V 族化合物半导体发光元件具体例如如下制造。

在本 III-V 族化合物半导体的制造中，首先制造如图 2 所示的第一层叠体 10。该第一层叠体 10 通过在作为基底衬底 101 的蓝宝石衬底上形成的 GaN 缓冲层 102 上依次层叠以下的层而形成：作为 n 型半导体层 103 的 n 型 GaN 层、作为发光层具有 $\text{In}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 层和 GaN 层交替组合四对的 MQW（多重量子井）结构的活性层 104、作为 p 型半导体层 105 的 p 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层（ $0 < x \leq 1$ ）105a 以及 p 型 GaN 层 105b、透光性的欧姆接触金属层 107、反射来自活性层 104 的光的反射层 108、用于接合第一扩散抑制层 109 以及以下说明的第二层叠体的第一金属层 110。

更具体来说，参照图 2，通过在作为基底衬底 101 的蓝宝石基底上使用 MOCVD（Metal Organic Chemical Vapor Deposition：有机金属气相生长）法层叠多个 III 族氮化物半导体层，从而进行第一层叠体 10 的制造。首先，在反应室内的基座（susceptor）上安装上述蓝宝石衬底，以 1200°C 在 H_2 环境中进行烘烤（baking）。然后，将衬底温度降低到 450°C ，使用 N_2 和 H_2 的混合气体作为运载气体，同时使用三甲基镓（以下为 TMG）和氨（以下为 NH_3 ）作为原料，形成作为半导体缓冲层 102 的厚度 30nm 的 GaN 缓冲层，接着迅

速将衬底温度升高到 1080℃，在上述半导体缓冲层 102 上使用 TMG、NH₃ 以及掺杂物用硅烷（以下为 SiH₄），使作为 n 型半导体层 103 的厚度 10μm 的 n 型 GaN 层生长。

然后，将衬底温度降低到 750℃，在上述 n 型半导体层 103 上使用三甲基铟（以下为 TMI）、TMG、以及 NH₃ 形成具有交替层叠四对厚度 3nm 的 In_{0.08}Ga_{0.92}N 井层和厚度 9nm 的 GaN 势垒层的 MQW 结构的活性层 104。

接着，将衬底温度升高到 1100℃，在上述活性层 104 上，作为 p 型半导体层 105 使厚度 30nm 的 Mg 掺杂的 p 型 Al_{0.08}Ga_{0.92}N 层 105a 以及厚度 120nm 的 Mg 掺杂的 p 型 GaN 层 105b 生长。这里，使用三甲基铝（以下为 TMA）、TMG、NH₃ 以及掺杂用茂基镁（cyclopentadienyl magnesium）（以下为 Cp₂Mg）进行 p 型 Al_{0.08}Ga_{0.92}N 层 105a 的生长，使用 TMG、NH₃ 以及 Cp₂Mg 进行 p 型 GaN 层 105b 的生长。

然后，在将衬底温度下降到常温（25℃）之后，将该层叠体取出到空气中。然后，为了进行 Mg 掺杂的 p 型半导体层 105 的 p 型导电性活性化，使用热处理炉在 N₂ 环境中以 800℃ 进行 5 分钟热处理。

接着，在进行了被热处理的层叠体的有机洗净之后，在 p 型 GaN 层 105b 上，作为透光性的欧姆接触金属层 107，以衬底温度 100℃，通过真空蒸镀法形成厚度 1nm~20nm 的 Pd（钯）层。如果通过该 Pd 层得到与 p 型 GaN 层 105b 的欧姆接触，通过后面在其上形成的反射层 108，电流可以横向扩展，因此可以进一步减薄 Pd 层，优选设为厚度 1nm~7nm。形成到 Pd 层的层叠体在真空中以 500℃ 进行 5 分钟退火。

通过溅射法在作为欧姆接触金属层 107 的 Pd 层上形成厚度为 150nm 的 Ag-Nd 层作为反射层 108。此时，反射层的厚度只要是不透过活性层的光的程度的厚度就可以，大于等于 30nm 就可以。

继续通过溅射法形成第一扩散抑制层 109，该第一扩散抑制层 109 起到抑制反射层 108 和以下说明的第一金属层 110 之间的原子的扩散的作用，厚度为 0.5μm、并含有以 Ni 为 50% 以上质量的主要成分的 Ni-Ti 合金。

进而，在上述第一扩散抑制层 109 上形成含有 Au 的厚度 3.5μm 的第一金属层 110。可以通过真空蒸镀法、溅射法、电镀法的任何一种方法形成该第一金属层 110，或者也可以通过它们中两个以上的方法进行。这样，得到第一层叠体 10。

接着，制造如图 3 所示的第二层叠体 20。该第二层叠体 20 通过在作为具有导电性的半导体衬底 201 的 n 型 Si 衬底，和在其 (100) 面上依次层叠的作为欧姆接触金属层 202 的 Ti 层 202a 以及 Al 层 202b、第二扩散抑制层 204、作为第二金属层 205 的 Au 层 205a 以及 Au-Sn (Au80%质量) 层 205b 形成。

更具体地说，参照图 3，第二层叠体 20 的制造为，将作为导电性的半导体衬底 201 的 Si 衬底进行有机洗净，然后使用 5% 质量的 HF 水溶液进行蚀刻，之后使衬底温度为 100℃，通过真空蒸镀法依次形成对作为导电性的半导体衬底 201 的 n 型 Si 衬底进行欧姆接触而得到的厚度 15nm~100nm 的 Ti 层 202a、厚度 300nm 的 Al 层 202b、以及用于抑制 Al 层和以下说明的第二金属层 205 之间的原子的扩散的含有 Ni-Ti 合金的厚度 0.5μm 的第二扩散抑制层 204。

进而，在第二扩散抑制层 204 上，作为用于使与图 2 的第一层叠体 10 的接合变得容易的第二金属层 205，依次形成厚度 1μm 的 Au 膜 205a 和厚度 4.5μm 的 Au-Sn (Au: 80%质量) 层 205b。这样，得到图 3 所示的第二层叠体 20。

接着，如图 4 所示，将第一层叠体 10 和第二层叠体 20 粘合，以便第一层叠体中的第一金属层 110 和第二层叠体中的第二金属层 205 接合。作为该粘合的条件没有特别限制，但优选压力为 2.0MPa (200N/cm²) 左右，温度为 280℃左右、保持时间为 10 分钟左右。这里，粘合的压力以及保持时间是指将衬底加热而达到了粘合温度之后的压力和保持时间。即，在衬底温度到达要求的粘合温度之前，重合的衬底的压力不是 2.0MPa (200N/cm²) 也可以。

进而，为了抑制第一金属层 110 和第二金属层 205 的接合部分空隙形成的目的，而在真空环境中进行上述第一层叠体 10 和第二层叠体 20 的粘合。该粘合当然也可以在空气下进行，但为了进一步抑制金属层中的空隙而在真空环境下、优选高于 10Pa (1.0×10⁻¹mbar) 的真空度下进行。此外，除了真空环境之外，也可以在 Ar、N₂ 等惰性气体环境中，在 Au-Sn (Au: 80%质量) 合金的共晶温度以上到比其高 40℃左右的温度为止的 273℃~320℃左右，在 1.0MPa~10MPa (100N/cm²~1000N/cm²) 的压力下、优选 1.5MPa~5.0MPa (150N/cm²~500N/cm²) 的压力下进行。此外，粘合所需的时间优选在到达粘合温度后 30 分钟以下。粘合温度越接近共晶温度，或者粘合时间越短，则

越能够抑制金属之间的扩散。对于粘合压力，为了防止衬底的损害，而优选在上述范围进行。

然后，为了除去作为使 III 族氮化物半导体层生长的基底衬底 101 的蓝宝石衬底，使用具有基底衬底 101 的禁带宽度以下、并且作为以除去为目的层的缓冲层 102 的禁带宽度以上的能量的激光，即被变换为不被基底衬底 101 吸收而被缓冲层 102 吸收的波长的固体激光，从作为基底衬底 101 的蓝宝石衬底 101 侧入射地进行照射。由此，透过基底衬底 101 的激光使作为缓冲层 102 的 GaN 缓冲层和作为 n 型半导体层 103 的 n 型 GaN 层中的缓冲层 102 侧的一部分溶解。作为这样的激光，可以使用能量密度 $10\mu\text{J}/\text{cm}^2 \sim 100\text{mJ}/\text{cm}^2$ 的脉冲状激光，通过从作为基底衬底 101 的蓝宝石衬底侧照射该脉冲状激光，作为基底衬底 101 的蓝宝石衬底、作为缓冲层 102 的 GaN 缓冲层、作为 n 型半导体层 103 的 n 型 GaN 层的一部分被除去。然后，由于激光照射而在露出的 n 型 GaN 层的表面上产生缺陷以及激光痕迹，所以使用电子蜡 (electron wax) 将作为接合了第一层叠体 10 和第二层叠体 20 的层叠体 30 的半导体衬底 201 的 n 型 Si 衬底贴到磨削机或研磨机的试料固定台 (未图示) 上，从表面将层叠体 30 的 n 型 GaN 层磨削和/或研磨 $1\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ 左右。通过该磨削和/或研磨的除去厚度最好为作为 n 型半导体层 103 的 n 型 GaN 层剩余、并且磨削和/或研磨引起的损害达不到活性层 104 的程度。然后，从试料固定台移走层叠体 30，用有机溶剂洗净残存的电子蜡。

下面，再参照图 1，在洗净的层叠体 30 的 n 型半导体层 103 上通过溅射法堆积厚度 100nm 的氧化铟锡 (以下为 ITO) 层。在该 ITO 层上涂敷光致抗蚀剂 (未图示)，通过利用了光刻法和 FeCl_3 的蚀刻，除去 ITO 层的一部分而形成成为第一电极 310 的透光性电极。此外，在层叠体 30 的半导体衬底 201 上，作为第二电极 320，通过蒸镀法形成由厚度 150nm 的 Au-Sb 合金以及 Au 形成的层。然后，用划线装置或刻模装置对层叠体 30 进行分割，使芯片的大小为 $200\mu\text{m}$ 见方。这样制造的图 1 的 III-V 族化合物半导体发光元件的发光波长为 470nm。

这样制作的发光元件的发光面积与第二电极 320 的主面的面积相同。与此相对，在图 6 所示的现有的发光元件中，为了制作 n 侧电极 609 而需要在发光元件上制作非发光的部分。从而，如将两发光元件制作为它们的芯片面积相同，则本发明的发光元件的发光面积比现有的发光元件大，具有更高的

外部光取出效率，因此可以实现高输出化。

参照表示在 III-V 族化合物半导体发光元件中，发光的反射率对于扩散抑制层的种类和厚度的不同的图 5 说明扩散抑制层 109 的效果。制作了除了第一扩散抑制层 109 的种类以及厚度不同以外，与上述实施方式同样的结构的发光元件。另外，第一层叠体和第二层叠体的粘合条件也设为与上述实施方式同样（粘合压力：2MPa，粘合温度：280℃，粘合保持时间：10 分钟）。

作为 III 族氮化物半导体元件的层叠体 30 的第一扩散抑制层 109，在对作为第一反射层 108 的 Ag-Nd 层和作为第一金属层 110 的 Au 层使用了由作为扩散速度慢的金属的 Ni-Ti 合金形成的层的情况，和使用由作为扩散速度快的金属的 Pt 形成的层的情况下，比较并研究波长 470nm 的发光反射率。参照图 5，在第一扩散抑制层 109 为 Ni-Ti 层的情况下，厚度为 0.5 μm 以及 1.0 μm 时的反射率高达 90%，相反在第一扩散抑制层 109 为 Pt 层的情况下，厚度为 0.5 μm 时的反射率为 60%，厚度为 1 μm 时的反射率低至 70%，很低。进而，在本实施方式中，在第一扩散抑制层 109 为 Ni-Ti 层的情况下，从 n 型 GaN 层 103 侧观察反射层 108 的颜色时，可以确认作为反射层 108 的 Ag-Nd 层的银色。相反，在第一扩散抑制层 109 为 Pt 层的情况下，在作为第一反射层 108 的 Ag-Nd 层的银色中确认了被认为是作为第一接合用金属层 110 的 Au 层内的 Au 原子的扩散引起的金色的斑点。由此，可知 Pt 层起不到作为扩散抑制层的作用，另一方面，Ni-Ti 层起到作为扩散抑制层的作用。

这里，在进一步将作为第一扩散抑制层 109 的 Ni-Ti 层的厚度减薄的情况下，参照图 5，厚度为 0.01 μm （10nm）时的反射率为 67%，厚度为 0.05 μm （50nm）时的反射率为 75%，0.1 μm 时的反射率为 80%，0.2 μm 时的反射率为 85%。由此，可知 Ni-Ti 层的厚度为 10nm 以上时，发挥作为扩散抑制层的功能。此外，扩散抑制层的厚度优选 50nm 以上。进而，对于第一层叠体和第二层叠体的粘合温度为 273 ~ 320℃，粘合压为 1.0MPa~10MPa（100N/cm² ~ 1000N/cm²），粘合时间为 1 秒 ~ 30 分钟制作的发光元件进行与上述同样的研究时，得到与上述同样的结果。

即，在本实施方式中，也包含上述第一扩散抑制层 109 的研究，通过作为第一扩散抑制层 109 使用最佳的厚度 0.5 μm 的 Ni-Ti 层，反射层 108 可以维持高反射率，发光的外部取出的效率也比以往高。

此外，在本实施方式中，作为反射层 108 使用了在 360 ~ 600nm 的区域

中具有高的反射率的 Ag-Nd 层,但也可以根据发光元件的发光波长,使用含有 Al、Rh 以及 Pd 的至少一种金属的层代替含有 Ag 的层。进而,优选使用含有从 Ag、Bi、Pd、Au、Nd、Cu、Pt、Rh 以及 Ni 构成的组选择的至少两种的合金层,特别是 Ag-Pd 层、Ag-Bi 层、Ag-Nd 层或 Ag-Nd-Cu 层。

反射率高的金属以单体用于反射层时,例如,Al 具有容易引起表面氧化的性质,Ag 具有容易引起迁移的性质,因此如长期使用以单体将这些金属用于反射层的发光元件,则由于上述氧化或迁移,不能维持反射层的高反射率,发光特性可能从初始值改变。因此,与以单体使用高反射率的金属相比,优选使用在上述高反射率的金属中添加了可以抑制上述氧化或迁移的 Au、Pt、Pd、Rh、Cu、Bi 等贵金属、Nd 等稀土类元素的金属、或者具有抗酸性和/或抗氯性效果的金属的合金。这里,抑制上述氧化或迁移的金属的添加比例优选不损害高反射率的金属的高的反射特性的程度,例如合金中的 5% 质量程度以下。

此外,在本实施方式中,作为用于接合第一层叠体 10 和第二层叠体 20 的金属层 110、205,使用了 Au 层和 Au-Sn 层 (Au: 80 质量%),但 Au-Sn 合金的组成可变更,例如可以使用 Au-Sn 合金 (Au: 70 质量%)。此外,作为金属层 110、205,也可以使用 Au 层和 Sn 层、Ag-Cu-Sn 层和 Ag-Cu-Sn 层或 Au 层和 Au-Si 层。作为第二金属层,使用 Ag-Cu-Sn 层的情况下粘合温度为 $260^{\circ}\text{C}\sim 320^{\circ}\text{C}$,而使用 Au 层和 Au-Si 层的情况下粘合温度为 $270^{\circ}\text{C}\sim 380^{\circ}\text{C}$,粘合压力都为 $1.0\text{MPa}\sim 10.0\text{MPa}$ ($100\text{N}/\text{cm}^2\sim 1000\text{N}/\text{cm}^2$) 就可以。这是因为粘合条件极大地依赖于金属材料固有的熔点、共晶温度、以及金属间的反应性。特别是在 Si 层和 Au-Si 层的粘合的情况下,由于两者间的反应性强,所以即使在共晶点以下也引起反应。

进而,金属层 110、205 除了上述说明了的 Ag、Au、Au-Sn 以外,还含有 Sn、Pd、In、Ge、Bi、Zn 以及 Pb 中的至少一种金属,也可以选择如焊锡材料使用的共晶点温度低的材料。

此外,在本实施方式中,使用 n 型 Si 衬底 (线膨胀系数: $5.3\times 10^{-6}\text{K}^{-1}$,热传导率: $1.4\text{W}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,电阻率: $0.01\Omega\cdot\text{cm}$) 作为用于制造导电性的第二层叠体 20 的半导体衬底,但也可以代替使用为具有导电性而被进行了掺杂的 p 型 Si 衬底 (线膨胀系数: $2.4\times 10^{-6}\text{K}^{-1}$,热传导率: $1.4\text{W}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,电阻率: $0.02\Omega\cdot\text{cm}$)、进行掺杂而具有导电性的 GaAs (砷化镓) 衬底 (Zn 掺杂 p 型衬

底的情况下, 线膨胀系数: $6.0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $0.54 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: 小于等于 $0.03 \Omega \cdot \text{cm}$, 在 Si 掺杂 n 型衬底的情况下, 线膨胀系数: $6.0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $0.54 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: 小于等于 $0.003 \Omega \cdot \text{cm}$), ZnO (氧化锌) 衬底 (线膨胀系数: $3.18 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $0.59 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: 小于 $1 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$), Cu (铜) 衬底 (线膨胀系数: $16.8 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $390 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: $1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$), W (钨) 衬底 (线膨胀系数: $4.3 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $200 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: $5.5 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$), CuW (钨铜) 衬底 (根据组成比, 线膨胀系数: $4.3 \sim 10.2 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $6.4 \sim 10.2 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: $1 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$), 包含两种以上的金属化合物并以 W 为 90% 质量的主要成分的衬底 (例如, 97W-2Ni-1Cu 或者 97W-2Ni-1Fe 的情况下, 线膨胀系数: $5.0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率 $0.9 \sim 1.25 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: $1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$), Mo (钼) 衬底 (线膨胀系数: $5.1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $1.42 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: $1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$), 进行掺杂而具有导电性的 InP (磷化铟) 衬底 (线膨胀系数: $4.5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $0.7 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: 小于等于 $1.0 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$), GaN (氮化镓) 衬底 (线膨胀系数: $5.59 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $1.3 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: $7 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$), 进行掺杂而具有导电性的 SiC (6H) (碳化硅) 衬底 (线膨胀系数: $4.2 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $4.9 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: 小于等于 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$), GaP (磷化镓) 衬底 (线膨胀系数: $5.3 \sim 5.81 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $1.1 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: 小于等于 $0.03 \Omega \cdot \text{cm}$), 进行掺杂而具有导电性的 Ge (锗) 衬底 (线膨胀系数: $7.7 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $59.9 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: 小于等于 $0.05 \Omega \cdot \text{cm}$), 碳钢衬底 (例如, 在 S45C 的情况下, 线膨胀系数: $10.7 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $0.44 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: $2.3 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$), Ti-Ni 构成的金属衬底 (线膨胀系数: $10 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $0.21 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: $7.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$), 或包含 ZrO_2 和 C 的电阻率低的陶瓷衬底 (例如, 在 ZrO_2 -WC 衬底的情况下, 线膨胀系数: $8.1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 热传导率: $0.15 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 电阻率: $1.7 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$) 等。

作为半导体衬底 201, 优选上述衬底的理由如下。首先, 半导体衬底 201 最好对于基底衬底 101 线膨胀系数的差小。由于通过热处理进行第一层叠体和第二层叠体的粘合, 如形成第一层叠体的基底衬底和第二层叠体中包含的

半导体衬底之间线膨胀系数的差大,则在规定的粘合温度中粘合之后,在返回室温(例如25℃)时,产生线膨胀系数的差引起的弯曲,或者由于该弯曲而产生剥离。从该观点出发,优选半导体衬底的线膨胀系数和基底衬底的线膨胀系数的差小于等于 $1.0 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$ 。这里,在本实施方式中,由于作为基底衬底101使用线膨胀系数为 $7.4 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 的蓝宝石衬底,作为半导体衬底201使用线膨胀系数为 $5.3 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 的n型Si衬底,因此两基板间的线膨胀系数的差小到 $2.1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$,因此,在本实施方式中的第一层叠体10和第二层叠体20的粘合中,在层叠体30上没有看到弯曲以及剥离。

此外,半导体衬底201优选热传导率高。通过使用热传导率高的衬底,可以将对发光元件注入电流而使其发光时产生的热高效地向外部散热。如果高效地进行散热,则在对发光元件注入大电流时,可以抑制发光元件的发光量子效率的降低。从该观点出发,半导体衬底201的热传导率优选大于等于 $0.5 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。这里,在本实施方式中,半导体衬底201所使用的n型Si衬底的热传导率为 $1.4 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$,由于这在 $0.5 \text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 以上,因此高效地进行发光元件的发光时的散热。

此外,半导体衬底201优选电阻率大于等于 $1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ 、小于等于 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 。通过将半导体衬底201的电阻率设为上述范围,可以有效地抑制半导体衬底中发生的电压下降。这里,在本实施方式中,作为半导体衬底201,使用掺杂物(例如Sb)浓度为 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、电阻率为 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$ 的n型Si衬底。此外,III-V族化合物半导体层叠体的各III-V族化合物半导体层的电阻率由于掺杂而被调整到大于等于 $10 \Omega \cdot \text{cm}$,金属层以及欧姆接触金属层的电阻率被调整为小于等于 $1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ 。这样,通过使用具有III-V族化合物半导体的电阻率和金属层以及欧姆接触金属层的电阻率间的电阻率的半导体衬底201,可以抑制半导体衬底引起的电压下降。

以上,根据线膨胀系数、热传导率以及电阻率的三个特性,优选半导体衬底201。半导体衬底201优选满足上述所有三个特性,但只要满足任何一个特性也足够。

进而,在本实施方式中,作为欧姆接触金属层107,使用含有Pd的Pd层,但使用含有从由Ni、In、Ag以及Pt构成的组中选择的一种以上的金属的层代替Pd,也得到同样的效果。进而,也可以使用尖晶石衬底或SiC衬底等代替绝缘性的蓝宝石衬底。

此外,也可以使用 Au 层、Au-Sb 层代替作为对本实施方式中的半导体衬底 201 的欧姆接触金属层 202 的 Ti 层 202a。此外,在使用 p 型 Si 衬底代替作为半导体衬底 201 的 n 型 Si 衬底的情况下,可以使用由 Al 层或 Al 层以及 Ti 层的多个构成的金属层作为欧姆接触金属层 202。此外,只要 n 型 Si 衬底的杂质浓度大于等于 $1.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$,也可以使用导电性 Ag 膏作为欧姆接触金属层。

此外,活性层 104 可以由单一或多重的量子井层的任何一个构成,即使是非掺杂 (non-dope),也可以掺杂 Si、As 或 P 等。MQW 活性层中的井层和势垒层可以仅由 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层 ($0 \leq x < 1$) 构成,也可以由 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层 ($0 \leq x < 1$) 和 GaN 层构成。此外,p 侧电极和 n 侧电极的形成顺序任意,先形成哪一个都可以。进而,通过控制交替组合四对 $\text{In}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 层和 GaN 层的 MQW 活性层 104 中的 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, x + y \leq 1$) 的组成比,可以制造具有 199nm ~ 652nm 的范围内的发光波长的发光元件。

此外,作为芯片分割方法,不限于划线装置或刻模,也可以在划痕线(クライブライン)上聚光照射激光来进行分割。芯片的大小不限于 200 μm 见方,也可以是 100 μm 见方或 1mm 见方等。

另外,在本实施方式中,激光照射后的 n 型半导体层 103 的磨削和/或研磨是为了除去在该 n 型 GaN 层上发生激光照射缺陷和缓冲层 102 的一部分残留在 n 型半导体层 103 上而引起的损害而进行的。这里,在作为缓冲层 102,使用 AlN 缓冲层代替 GaN 缓冲层的情况下,作为 n 型半导体层 103 形成 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, x + y \leq 1$) 层来代替 n 型 GaN 层的情况下,进而在层叠了任意的附加层的情况下,当然都可以通过磨削和/或研磨除去不需要的层。进而,n 型 GaN 层的研磨可以通过 RIE (Reactive Ion Etching) 法除去。

如上所述,在本实施方式中,参照图 1,由于第一层叠体 10 和第二层叠体 20 通过第一层叠体中的第一金属层 110 和第二层叠体中的第二金属层 205 接合,因此可以在层叠体 30 的两个主面上形成电极(作为第一电极 310 的透光性电极、第二电极 320),可以得到向芯片面积周围的外部的光取出效率高的发光元件。此外,关于来自发光层 104 的波长 360 ~ 600nm 的光,使用反射层 108 向活性层 104 方向反射,从而可以防止作为半导体衬底 201 的 n 型 Si 衬底吸收光,并且通过使用采用了光透过率高的 ITO 的透光性的第一电极

310, 可以得到向外部的光的取出效率提高了的发光元件。

在本实施方式中, 通过第一扩散抑制层 109 与反射层 108 和第一金属层 110 的两者相接, 抑制反射层和第一金属层之间的原子的扩散, 而且, 通过第二扩散抑制层 204 与欧姆接触金属层 202 和第二金属层 205 的两者相接, 抑制欧姆接触金属层 202 和金属层 205 之间的原子扩散, 但也可以为了抑制这样的原子扩散, 只要第一扩散抑制层位于反射层和接合用金属层之间, 或者, 第二扩散抑制层 204 位于欧姆接触金属层 202 和第二金属层 205 之间就可以, 也可以在扩散抑制层和反射层之间、扩散抑制层和金属层之间或者和欧姆接触金属层之间插入其它的层。

此外, 只要第一扩散抑制层 109 对反射层 108 以及第一金属层 110 这两层具有导电性, 第二扩散抑制层 204 对欧姆接触金属层 202 以及第二金属层 205 这两层具有导电性, 则扩散抑制层 109、204 不特别限制。这里, 导电性只要是可以使足够发光的电流流过发光元件的程度的导电性就足够。

此外, 在本实施方式中, 使用包含 Ni-Ti 合金的 Ni-Ti 层作为扩散抑制层 109、204, 但对反射层 108 和第一金属层 110 的至少一层以及欧姆接触金属层 202 和第二金属层 205 的至少一层使用含有扩散速度慢的金属的层可以得到同等的效果。扩散抑制层只要是含有该扩散速度慢的金属的层, 则不特别限制, 但从扩散抑制效果大的观点出发, 优选含有从由 W、Mo、Nb、Ni 以及 Ti 构成的组中选择的至少一种金属的层。此外, 也可以含有这些金属以外的原子。例如, 含有 W-Co、W-C 等的层也可以用作扩散抑制层。

此外, 在以上的实施方式中, 说明了 III 族氮化物半导体发光元件, 但众所周知, 也可以使用 III 族氮化物半导体中的 N 的至少一部分由 As、P 和/或 Sb 置换了的 III-V 族化合物半导体。

尽管本发明已经被详细地描述和例证, 但应该清楚地理解的是这仅是通过例证的方法和例子, 而不是通过限制, 本发明的精神和范围仅受附加的权利要求所限制。

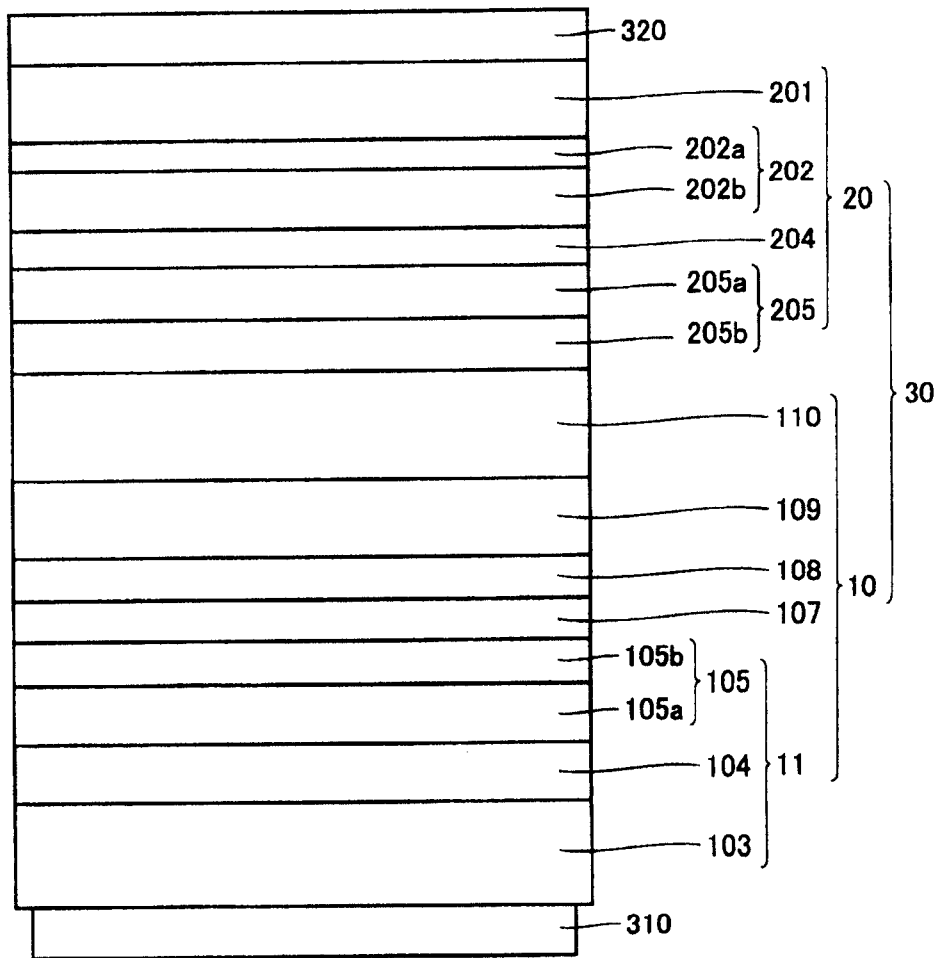


图 1

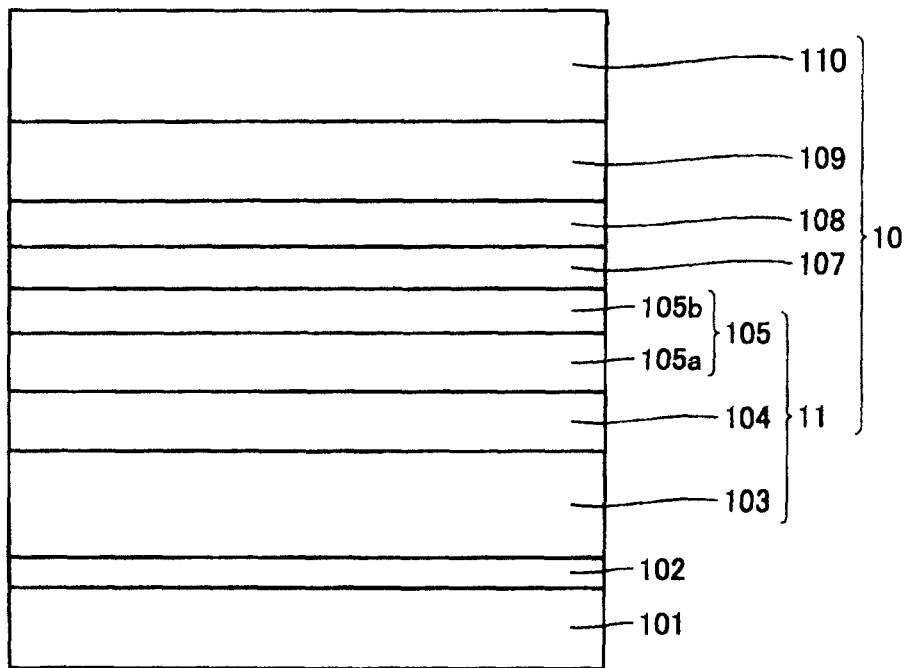


图 2

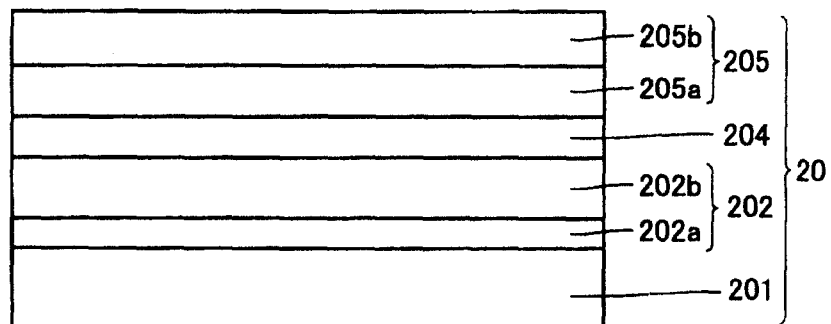


图 3

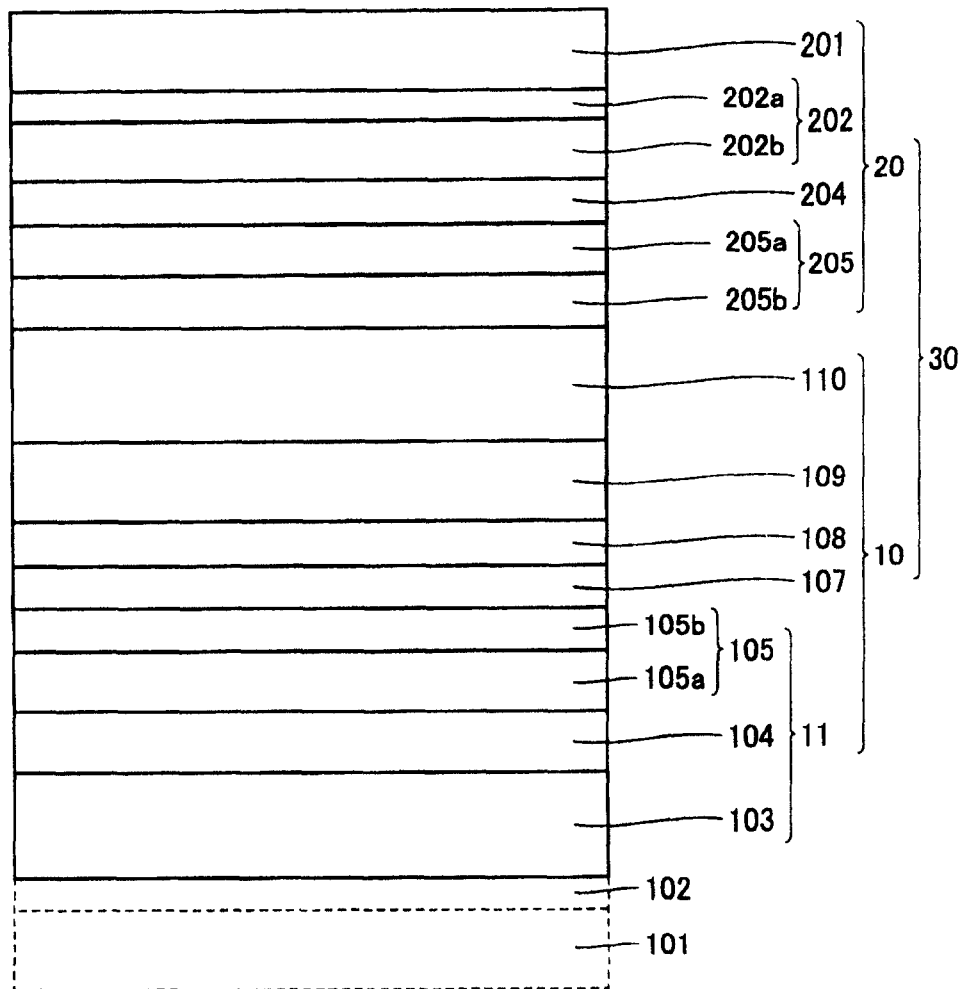


图 4

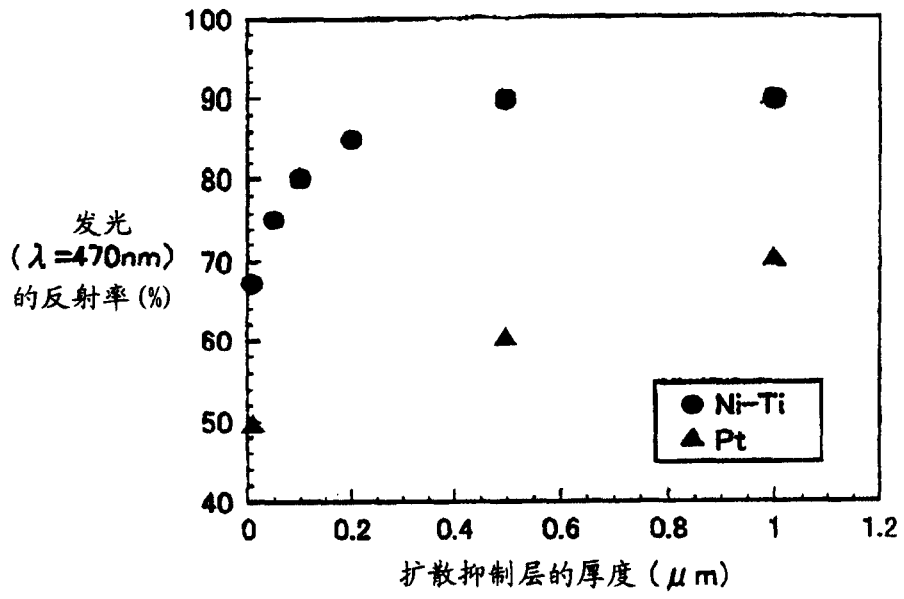


图 5

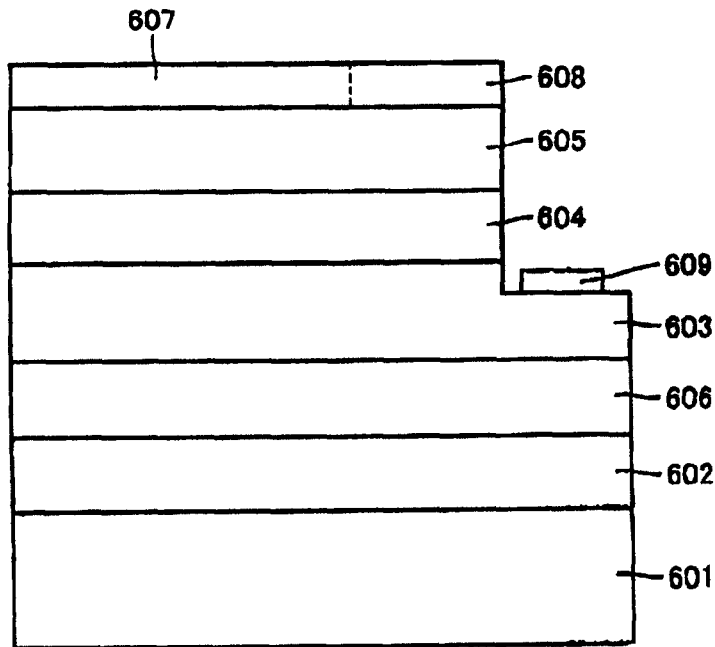


图 6