

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

H01S 5/343 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810176804.1

[43] 公开日 2009年5月27日

[11] 公开号 CN 101442094A

[22] 申请日 2008.11.19

[21] 申请号 200810176804.1

[30] 优先权

[32] 2007.11.20 [33] JP [31] 2007-300602

[71] 申请人 三菱电机株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 金本恭三 盐泽胜臣 川崎和重

阿部真司 佐久间仁

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 何欣亭 王丹昕

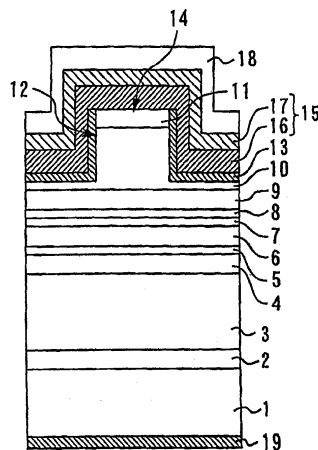
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 9 页

[54] 发明名称

氮化物半导体发光元件的制造方法

[57] 摘要

本发明“氮化物半导体发光元件的制造方法”，是一种能够减小 p 型电极的接触电阻率的氮化物半导体发光元件的制造方法。在 GaN 单晶衬底(1)上形成层叠有 p 型 GaN 接触层(11)等的半导体层叠结构。在 p 型 GaN 接触层上(11)形成具有 Pd 层(16)和 Ta 层(17)的 p 型电极(15)。在形成了 p 型电极(15)后，在含氧气氛中在 400℃~600℃ 的温度进行热处理。在热处理后，在 p 型电极(15)上形成含 Au 的平头电极(18)。



1. 一种氮化物半导体发光元件的制造方法，其特征在于包括如下工序：

在衬底上形成由 n 型氮化物半导体外延层、活性层及 p 型氮化物半导体外延层层叠而成的半导体层叠结构；

在所述 p 型氮化物半导体外延层上形成具有含 Pd 的第 1 电极层和含 Ta 的第 2 电极层的 p 型电极；

在形成所述 p 型电极后，在含氧的气氛中以 400°C ~ 600°C 的温度进行热处理；以及

在进行所述热处理后，在所述 p 型电极上形成含 Au 的平头电极。

2. 如权利要求 1 所述的氮化物半导体发光元件的制造方法，其特征在于：

以 450°C ~ 550°C 的温度进行所述热处理。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的氮化物半导体发光元件的制造方法，其特征在于：

作为所述衬底，使用 GaN 单晶衬底，

在所述 GaN 单晶衬底的 Ga 面上形成所述半导体层叠结构。

4. 如权利要求 1 所述的氮化物半导体发光元件的制造方法，其特征在于：

所述第 1 电极层的厚度设为所述第 2 电极层的厚度的至少 2 倍以上。

5. 如权利要求 4 所述的氮化物半导体发光元件的制造方法，其特征在于：

所述第 1 电极层的厚度设为 30nm 以上。

6. 如权利要求 1 所述的氮化物半导体发光元件的制造方法，其特征在于：

用 PdTa 合金作为所述第 1 电极层。

7. 如权利要求 1 所述的氮化物半导体发光元件的制造方法，其特

征在于:

在所述热处理中温度上升速度设为 $10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。

8. 如权利要求 1 所述的氮化物半导体发光元件的制造方法, 其特征在于:

用作为构成元素而含氧或氧的气体与惰性气体的混合气体作为所述气氛, 其中氧含量为 5% 以上且低于 50%。

9. 如权利要求 1 所述的氮化物半导体发光元件的制造方法, 其特征在于:

所述 p 型氮化物半导体外延层包含载流子浓度为 $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上的接触层,

在所述接触层上形成所述第 1 电极层。

10. 如权利要求 1 所述的氮化物半导体发光元件的制造方法, 其特征在于还包括如下工序:

在所述衬底的背面作了等离子体处理后形成 n 型电极, 并在 400°C 以下的温度进行热处理。

11. 如权利要求 1 所述的氮化物半导体发光元件的制造方法, 其特征在于还包括如下工序:

在形成所述 p 型电极的工序后, 对所述 p 型电极和所述 p 型氮化物半导体外延层进行各向异性蚀刻而形成脊部; 以及
形成绝缘膜以覆盖所述脊部。

氮化物半导体发光元件的制造方法

技术领域

0001

本发明涉及在 p 型氮化物半导体外延层上形成 p 型电极的氮化物半导体发光元件的制造方法，特别地涉及能够减小 p 型电极的接触电阻率的氮化物半导体发光元件的制造方法。

背景技术

0002

在氮化物半导体发光元件中进行大于 200mW 的高功率工作时，在长时间的通电试验中工作电压的上升会成为问题。为了解决这一问题，需要设置低电阻、均匀接触特性的 p 型电极。作为满足这种要求的电极材料，功率函数大的 Pd 倍受关注。

0003

作为在 GaN 等氮化物半导体表面上形成以 Pd 为主体的电极的方法，公知的例如有专利文献 1~5 记载的在 GaN 上蒸镀 Pd，再形成多层结构的电极，然后进行热处理的方法。以下，按 A/B/C 标明电极的层结构，是指从衬底侧按 A、B、C 的顺序层叠。

0004

专利文献 1, 2 中记载的是在 p 型电极中使用贮氢金属 Pd。由此，从氮化物半导体吸出氢，能够使 p 型载流子浓度增大，减小接触电阻率。另外，记载的是在 Pd 电极上形成 Mo 层作为阻挡层。通过用高熔点金属 Mo 覆盖，能够防止因热处理产生的不均匀化。另外，Mo 似乎发挥着促进界面反应的作用，但这一作用还不能完全被理解。

0005

专利文献 3 中记载的是使用 Pd/z/Au 作为 p 型电极，z 是 Pt、Ru、Rh、Os、Ir、Ag 的任何一种元素。由此，通过 p 型电极与 GaN 的反

应来吸出氮，可抑制载流子浓度下降。

0006

专利文献4中记载的是在含氧气氛中对Pd/Au或Au/Pd的p型电极进行热处理。这样，通过在含氧气氛中的热处理，能够减小接触电阻率。

0007

专利文献5中记载的是使用Pd/z/Au作为p型电极，z是Mo, Pt, W, Ir, Rh, Ru中的任何一种元素，在形成Au层前，在真空、N₂或Ar气氛中进行热处理。这样，通过在两层结构的状态下进行热处理，能够有效地除去生长时进入GaN内的氢。

0008

专利文献1: 专利3519950号公报

专利文献2: 专利3579294号公报

专利文献3: 专利3233258号公报

专利文献4: 专利3309745号公报

专利文献5: 特开2004-95798号公报

发明内容

0009

传统技术中，在整个晶圆上稳定地获得p型电极中低于 $1\text{E}-3\Omega\text{cm}^2$ 的接触电阻率是困难的。因此，如果使氮化物半导体发光元件，特别是激光二极管以200mW以上的光输出功率工作，就会导致起因于p型电极的劣化，所以，难以在整个晶圆上稳定地获得合格品。

0010

本发明是为了解决上述课题而提出的，其目的在于：获得一种能够减小p型电极的接触电阻率的氮化物半导体发光元件的制造方法。

0011

本发明的氮化物半导体发光元件的制造方法包括如下工序：在衬底上形成层叠n型氮化物半导体外延层、活性层及p型氮化物半导体外延层的半导体层叠结构；在p型氮化物半导体外延层上形成具有含

Pd 的第 1 电极层和含 Ta 的第 2 电极层的 p 型电极；在形成 p 型电极后，在含氧的气氛中在 400℃ ~ 600℃ 下进行热处理；以及在进行热处理后，在 p 型电极上形成含 Au 的平头电极。本发明的其它特征在下面将会明白。

0012

根据本发明，能够减小 p 型电极的接触电阻率。其结果是：能够获得可高功率工作、随时间劣化少、长寿命的激光二极管。另外，从绝缘膜形成工艺开始，首先进行电极金属蒸镀，从而能够抑制电极剥落，以高成品率获得可高功率工作、随时间劣化少、长寿命的激光二极管。

附图说明

0051

图 1 是表示实施例 1 的氮化物半导体激光二极管的剖面图。

图 2 是用于说明实施例 1 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

图 3 是用于说明实施例 1 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

图 4 是用于说明实施例 1 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

图 5 是用于说明实施例 1 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

图 6 是用于说明实施例 1 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

图 7 是用于说明实施例 1 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

图 8 是用于说明实施方式 1 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

图 9 是表示接触电阻率的热处理温度依存性的实验结果的图。

图 10 是表示接触电阻率的热处理温度依存性的实验结果的图。

图 11 是表示接触电阻率的热处理温度依存性的实验结果的图。

图 12 是表示接触电阻率的热处理温度依存性的实验结果的图。

图 13 是表示工作电压的通电时间依存性的实验结果的图。

图 14 是用于说明实施例 2 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

图 15 是用于说明实施例 2 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

图 16 是用于说明实施例 2 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

图 17 是用于说明实施例 2 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

图 18 是用于说明实施例 2 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

图 19 是用于说明实施例 2 的氮化物半导体发光元件的制造方法的剖面图。

标记说明

0052

- 1 GaN 单晶衬底(衬底)
- 11 p 型 GaN 接触层(p 型氮化物半导体外延层)
- 12 脊部
- 13 SiO₂ 膜(绝缘膜)
- 14 开口
- 15 p 型电极
- 16 Pd 层(第 1 电极层)
- 17 Ta 层(第 2 电极层)
- 18 平头电极
- 19 n 型电极

具体实施方式

0013

下面以氮化物半导体激光二极管为例，参照附图说明本发明实施方式的氮化物半导体发光元件的制造方法。另外，在各附图中同一或相当的部分附加同一标记，其说明简化或省略。

0014

实施例 1

图 1 是表示实施例 1 的氮化物半导体激光二极管的剖面图。在 GaN 衬底 1(衬底)的一个主面即 Ga 面上形成 n 型 GaN 缓冲层 2。该 n 型 GaN 缓冲层 2 是为了降低 GaN 衬底 1 表面的凹凸，其上层尽量平坦地层叠而形成。然后，在该 n 型 GaN 缓冲层 2 上形成 n 型 AlGa_N 包覆层 3。

0015

在 n 型 AlGa_N 包覆层 3 上依次层叠 n 型 GaN 光导层 4 和未掺杂的 InGa_N 光导层 5 作为 n 侧光导层。在 InGa_N 光导层 5 上形成未掺杂的 In_xGa_{1-x}N/In_yGa_{1-y}N(0 < x, y < 1)多重量子阱结构的活性层 6。

0016

在活性层 6 上依次层叠作为 p 侧光导层的未掺杂 In_xGa_{1-x}N(0 < x < 1)光波导层 7、p 型 AlGa_N 电子阻挡层 8、作为 p 侧光导层的 p 型 GaN 光导层 9、p 型 AlGa_N 包覆层 10 和 p 型 GaN 接触层 11(p 型氮化物半导体外延层)。

0017

这里，n 型 GaN 缓冲层 2 的厚度例如是 1μm，作为 n 型杂质例如掺杂 Si。n 型 AlGa_N 包覆层 3 的厚度例如是 2.0μm，作为 n 型杂质例如掺杂 Si，Al 成分比例例如是 0.05。n 型 GaN 光导层 4 的厚度例如是 100nm。另外，未掺杂 InGa_N 光导层 5 的厚度例如是 7nm，In 成分比例例如是 0.02。

0018

活性层 6 具有将作为阻挡层的 In_xGa_{1-x}N 层和作为阱层的 In_yGa_{1-y}N 层交替层叠的结构，阱数例如是 3。In_xGa_{1-x}N 层的厚度是 7nm，成分比 x 是 0.02。而且，In_yGa_{1-y}N 层的厚度是 3.5nm，成分比 y 是 0.14。

0019

未掺杂 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 光波导层 7 的厚度例如是 2.0nm, In 成分比 x 例如是 0.02。p 型 AlGaN 电子阻挡层 8 的厚度例如是 10nm, Al 成分比例例如是 0.18。p 型 GaN 光导层 9 的厚度例如是 100nm。p 型 AlGaN 包覆层 10 的厚度例如是 400nm, 作为 p 型杂质例如掺杂 Mg, Al 成分比例例如是 0.07。p 型 GaN 接触层 11 的厚度例如是 100nm, 作为 p 型杂质例如掺杂 Mg, 为了获得充分低的接触电阻, 载流子浓度可为 $2\text{E}17\text{cm}^{-3}$ 以上, 更优选为 $5\text{E}17\text{cm}^{-3}$ 以上。

0020

在 p 型 AlGaN 包覆层 10 及 p 型 GaN 接触层 11 上, 例如朝 $\langle 1-100 \rangle$ 方向通过蚀刻而形成脊部 12。脊部 12 的宽度例如是 $2.0\mu\text{m}$ 。这里, 脊部 12 在与位于 GaN 衬底 1 上、以条状形成的数 μm ~ 数 $10\mu\text{m}$ 宽度的高位错区域之间的低缺陷区域相对应的位置上形成。

0021

为了脊部 12 的侧面部及脊部横底面部的表面保护和电气绝缘, 形成例如厚 200nm 的 SiO_2 膜 13(绝缘膜)以覆盖脊部 12。在该 SiO_2 膜 13 上, 在与脊部 12 的上面对应的部分形成开口 14。经由开口 14, p 型电极 15 与 p 型 GaN 接触层 11 电连接。

0022

p 型电极 15 是依次层叠膜厚 50nm 的 Pd 层 16(第 1 电极层)和膜厚 20nm 的 Ta 层 17(第 2 电极层)的结构。在 p 型电极 15 上形成 Ti/Ta/Au 结构的键合用平头电极 18。另外, 也可以使用 PdTa 合金作为第 1 电极层, 代替 Pd 层 16。

0023

另外, 在 GaN 衬底 1 的背面形成 n 型电极 19。该 n 型电极 19 为依次层叠例如 Ti/Pt/Au 膜的结构。

0024

以下, 说明实施例 1 的氮化物半导体发光元件的制造方法。

首先, 如图 2 所示, 在预先采用热清洗等使表面洁净化了的 GaN 衬底 1 的 Ga 面上, 采用有机金属化学气相生长(MOCVD)法, 例如在生长温度为 1000°C 下使 n 型 GaN 缓冲层 2 生长。接着, 采用 MOCVD

法,依次层叠 n 型 AlGa_xN 包覆层 3、n 型 GaN 光导层 4 及未掺杂 InGa_xN 光导层 5、未掺杂的 In_xGa_{1-x}N/In_yGa_{1-y}N 多重量子阱活性层 6、未掺杂 InGa_xN 光波导层 7、p 型 AlGa_xN 电子阻挡层 8、p 型 GaN 光导层 9、p 型 AlGa_xN 包覆层 10 及 p 型 GaN 接触层 11。这里,例如 n 型 AlGa_xN 包覆层 3 及 n 型 GaN 光导层 4 的生长温度设为 1000℃,从未掺杂 InGa_xN 光波导层 7 至未掺杂 InGa_xN 光波导层 7 的生长温度为 740℃,从 p 型 AlGa_xN 电子阻挡层 8 至 p 型 GaN 接触层 11 的生长温度为 1000℃。

0025

接着,如图 3 所示,在进行了上述晶体生长的整个晶圆上涂敷光刻胶,采用光刻法(照相制版技术)来形成预定形状的光刻胶图案 21。

0026

接着,如图 4 所示,以光刻胶图案 21 为掩模,采用 RIE(Reactive Ion Etching)法等,对 p 型氮化物半导体外延层进行各向异性蚀刻,直至 p 型 AlGa_xN 包覆层 10 内,形成作为光波导结构的脊部 12。作为蚀刻气体例如使用氯系气体。另外,作为蚀刻掩模,通过使用 SiO₂ 膜等绝缘膜掩模代替光刻胶图案 21,能够使蚀刻形状变得更垂直。

0027

接着,如图 5 所示,在直接保留光刻胶图案 21 的状态下,例如采用 CVD 法、真空蒸镀法、溅射法等,在整个面上形成厚度 0.2μm 的 SiO₂ 膜 13,以覆盖脊部 12。

0028

接着,在整个面上形成光刻胶(未图示)。然后,如图 6 所示,通过蚀刻,在脊部 12 的上面同时除去 SiO₂ 膜 13 和光刻胶图案 21,形成开口 14。

0029

接着,采用光刻技术等,形成在含有脊部 12 的区域有开口的光刻胶图案(未图示)。然后,如图 7 所示,例如采用电子束(EB)蒸镀法,在整个面上依次形成 Pd 层 16 和 Ta 层 17 作为 p 型电极 15。Pd 层 16 的膜厚可以是约 20~100nm,为了获得通过热处理来防止 Pd 层 16 变得不匀的阻挡效果,Ta 层 17 的膜厚可大约是 10~20nm。但 Pd 层 16

的厚度最好为 Ta 层 17 的厚度的至少 2 倍以上,更优选 Pd 层 16 的厚度为 30nm 以上。然后,采用剥离法,除去光刻胶图案上的 Pd 层 16 及 Ta 层 17。

0030

接着,优选在温度约 400℃~600℃的范围内,更优选在温度约 450℃~550℃的范围内使用 RTA 装置等进行热处理。这里,取为 500℃。作为气氛,使用含氧或含有氧作为构成元素的气体和惰性气体的混合气体。氧的含量优选 5%以上且小于 50%,更优选 10%以上且小于 30%。这里,使用氮 80%、氧 20%的气氛。另外,优选温度上升速度为 10℃/秒以上。这里取为 20℃/秒。热处理的时间可以是 1 分钟以上,这里取为 2 分钟。

0031

接着,通过转印,在图案形成后采用剥离法形成绝缘用 SiO₂ 绝缘膜(未图示)。然后,如图 8 所示,在 p 型电极 15 上例如以 50nm/100nm/500nm 的厚度形成作为平头电极 18 的 Ti/Ta/Au。

0032

接着,研磨 GaN 衬底 1 的背面,并进行镜面打磨,直至晶圆的厚度达到约 100μm。然后,通过含有 5%SiCl₄ 的 Ar 混合气体,在 GaN 衬底 1 的背面进行等离子体处理。然后,进行水洗、氧等离子体灰化处理,在 GaN 衬底 1 的背面形成高载流子浓度层,然后采用真空蒸镀膜法依次形成 Ti/Pt/Au 膜。在整个晶圆上涂敷光刻胶,采用光刻法形成预定形状的光刻胶图案(未图示)。以光刻胶图案为掩模,采用离子研磨蚀刻 Ti/Pt/Au 膜,从而形成 n 型电极 19。然后,在 400℃以下进行热处理。但是,即使不进行热处理,n 型电极 19 也呈现欧姆特性。

0033

接着,通过将衬底劈开等将衬底加工成为棒状,并形成两个谐振腔端面。然后,在两个谐振腔端面施以端面涂层后,进行劈开等加工,使该棒材芯片化。通过以上工序,能够制造实施例 1 的氮化物半导体激光二极管。

0034

如上所述，在实施例1中，在 p 型 GaN 接触层 11 上形成 Pd 层 16 作为 p 型电极 15。这里，Pd 是氢化物的生成能为负的材料，在 GaN 中的氢残留水平高时，吸出氢。由此，能够有效地提高载流子浓度，所以能够减小接触电阻率。但是，在 GaN 中的氢残留水平充分低时，效果小。另外，仅 Pd 的功率函数高，并不能获得充分低的接触电阻率。另一方面，Pd 比 Au 及 Pt 更富反应性，所以 Pd 将与 GaN 反应，能够形成低电阻的反应层，降低肖特基势垒。

0035

另外，由于热处理时发生的反应具有正效果和负效果，所以热处理温度存在最佳的范围。首先，为了促进界面反应，需要在最低 400°C 以上加热。温度越高，氧扩散、Ga 吸出、氢吸出以及 Pd-Ga 反应越快。但在 550°C 以上加热将导致 Ta 层氧化、扩散至 Ta 的界面以及电极凝缩等，接触电阻率会增大。

0036

如图 9 所示，可知：在氮:氧 = 4:1 气氛中进行热处理时，以 500°C 为中心的在 $\pm 25^\circ\text{C}$ 附近存在最佳值，在 $500 \pm 50^\circ\text{C}$ 的温度范围内可获得激光二极管的高功率工作中所需的 $1\text{E} - 3\Omega\text{cm}^2$ 以下的值。因而，在形成 p 型电极 15 后，在含氧气氛中以 400°C ~ 600°C 的温度、更优选以 450°C ~ 550°C 的温度进行热处理，从而能够减小 p 型电极的接触电阻率。

0037

另外，在实施例1中，作为对于 p 型电极 15 进行热处理时的气氛，使用含有氧或氧作为构成元素的气体和惰性气体的混合气体。已知：在热处理时气氛中的氧会扩散到电极内，到达 GaN/电极界面，促进 GaN 中的 Ga 吸出和 Ga 空穴生成。Ga 空穴作为受主而作用，通过经热处理生成受主，能够减小接触电阻率。所以，在无氧的氮气氛中进行热处理，不能充分减小接触电阻率，但是，氧浓度过高，电阻相反地也会增大，所以存在最佳范围。

0038

如图 10 所示，对于氮 + 氧气氛的这种非常敏感的热处理温度依

存性，在氮气气氛中未见到。另外，在氧 60%的气氛中进行热处理未能获得低电阻。所以，作为对于 p 型电极 15 进行热处理时的气氛，使用氧含量在 5%以上且小于 50%的气体，能够减小 p 型电极的接触电阻率。

0039

另外，传统技术中，在 Pd 层 16 上形成有 Mo 层作为阻挡层。而发明者发现：与 Mo 层相比，使用 Ta 层作为阻挡层，更能够减小接触电阻率。另外还发现：Mo 的耐酸性不充分，在电极形成后的药液处理及热处理工序中会劣化。所以，在实施例中对 Pd 层 16 上形成 Ta 层 17 作为阻挡层。

0040

另外，如图 11 所示，对于 Pd 单层电极，接触电阻率只能下降至两层电极时的 2 倍左右。所以，在含氧气氛下进行热处理时，将 p 型电极 15 设置成 Pd 层 16 和 Ta 层 17 的两层电极，从而能够减小 p 型电极 15 的接触电阻率。

0041

另外，对于依次形成 Pd 层、Ta 层及 Au 层的 3 层结构的 p 型电极，在热处理时会阻止氧扩散，界面反应不再充分发生。所以，如图 12 所示，与两层电极时相比，对于 3 层电极，不能够充分减小接触电阻率。另外，已知：一旦有抑制氧扩散的作用的 Au 等的层存在，界面反应就难以发生，所以，对于 3 层电极，接触电阻降低的温度向高温侧转移。在 Pd 层和 Ta 层的两层结构的 p 型电极上形成平头电极，然后进行热处理的情况下，也是相同的。所以，在实施例中对 p 型电极热处理后，形成平头电极。由此，能够减小 p 型电极的接触电阻率。

0042

另外，通过在衬底的背面进行等离子体处理后，形成 n 型电极，能够采用 400℃以下的较低温度的热处理，在衬底的背面生成高浓度的载流子。因此，可通过 n 型电极的形成工艺来防止 p 型电极的劣化，因此，能够减小 p 型电极的接触电阻率。

0043

如以上说明,在实施例1中能够减小 p 型电极的接触电阻率。由此,即使增加激光的驱动电流,也能够降低 p 型电极中的耗电。因此,能够获得可高功率工作、随时间劣化少、长寿命的激光二极管。

0044

另外,采用上述工序制造的氮化物半导体激光二极管,其阈值电压为 30mA, 100mW 的工作电压约为 5V。另外,如图 13 所示,恒定电流模式的连续通电试验的结果是:经过 500 小时以上,工作电压的变动在 10%以下。因此确认:在高输出功率用的通电中,能够长时间保持 p 型电极的接触电阻率小的状态。

0045

实施例 2

以下说明实施例 2 的氮化物半导体发光元件的制造方法。

首先,与实施例 1 同样,如图 2 所示,在 GaN 衬底 1 上形成氮化物半导体外延层。

0046

接着,如图 14 所示,采用电子束(EB)蒸镀法及剥离法,依次形成 Pd 层 16 和 Ta 层 17,作为 p 型电极 15。

接着,如图 15 所示,在进行上述晶体生长的整个晶圆上涂敷光刻胶,采用光刻法(照相制版技术)形成预定形状的光刻胶图案 21。

0047

接着,如图 16 所示,以光刻胶图案 21 为掩模,采用 RIE 法等,对 p 型电极 15 和 p 型氮化物半导体外延层进行各向异性蚀刻,直至 p 型 AlGaIn 包覆层 10 内,形成作为光波导结构的脊部 12。作为蚀刻气体,例如使用氯系气体。再有,使用同一光刻胶图案 21,再次进行 p 型电极 19 蚀刻和用于脊部 12 形成的干法蚀刻。

0048

接着,如图 17 所示,例如采用 CVD 法、真空蒸镀法、溅射法等在整个面上形成厚度 0.2 μ m 的 SiO₂ 膜 13,以覆盖脊部 12。

接着,在整个面上形成光刻胶(未图示)。然后,如图 18 所示,通

过回蚀 (etch back), 在脊部 12 的上面除去 SiO₂ 膜 13, 形成开口 14。然后, 进行与实施例 1 同样的热处理。

0049

接着, 如图 19 所示, 在 p 型电极 19 上例如以厚度 50nm/100nm/500nm 的厚度形成平头电极 18 的 Ti/Ta/Au。然后, 与实施例 1 同样地形成 n 型电极 19 进行芯片化等, 从而能够制造实施例 2 的氮化物半导体激光二极管。

0050

在实施例 1 中形成脊部 12 及 SiO₂ 膜 13 后, 再形成 p 型电极 19。另外, 因为使用 Pd 的 p 型电极 19 与 SiO₂ 膜 13 的密合性差, 所以存在工艺过程中剥落的问题。因此, 在实施例 2 中, 在形成脊部 12 及 SiO₂ 膜 13 前, 形成 p 型电极 19。由此, 不在 SiO₂ 膜 13 上形成 p 型电极 19, 因此可抑制 p 型电极 19 剥落。所以能够在整个晶圆上获得形状一致的 p 型电极 19, 能够提高成品率。

在上述实施例中, 以氮化物半导体激光二极管为例进行说明, 但本发明不限于于此, 也能够适用于发光二极管(LED)等激光二极管以外的氮化物半导体发光元件。

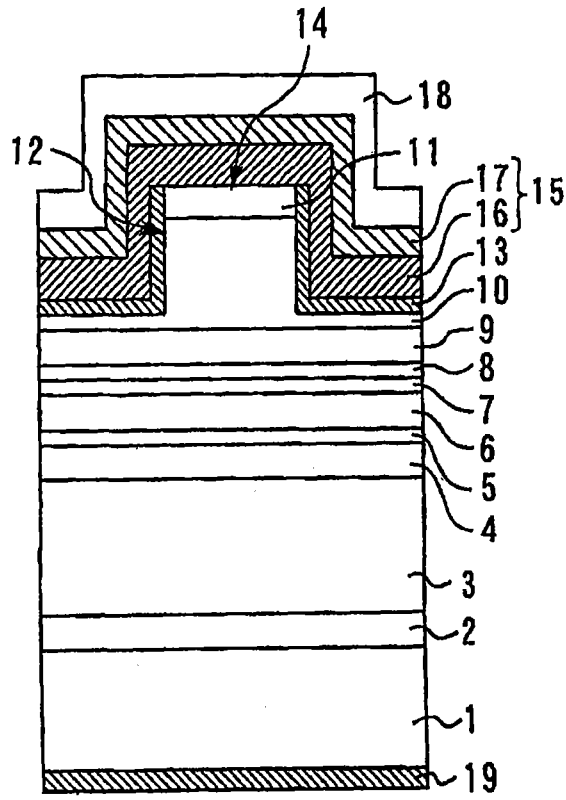


图 1

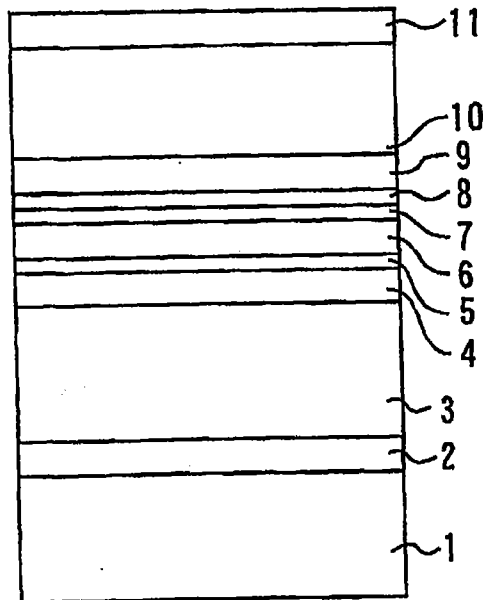


图 2

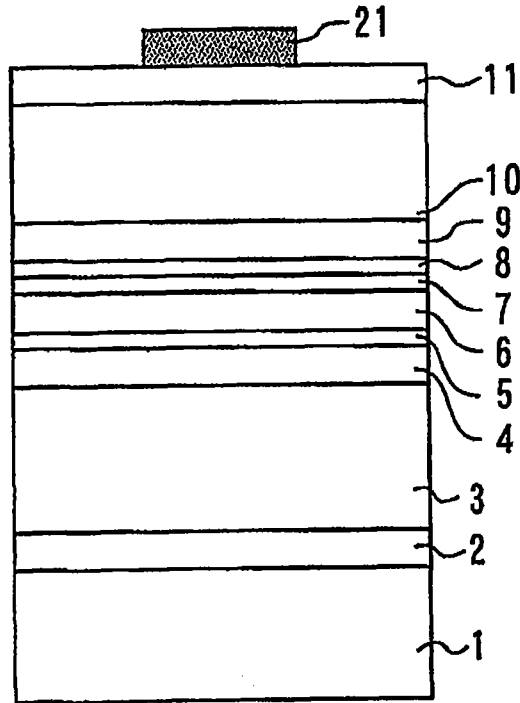


图 3

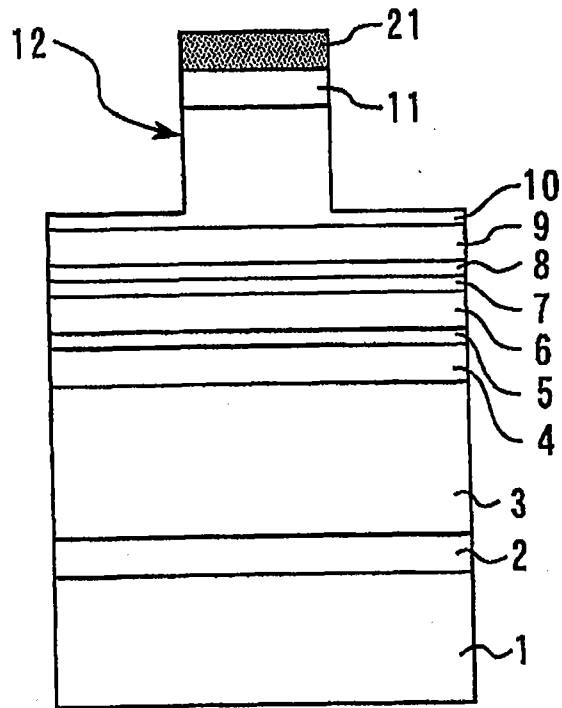


图 4

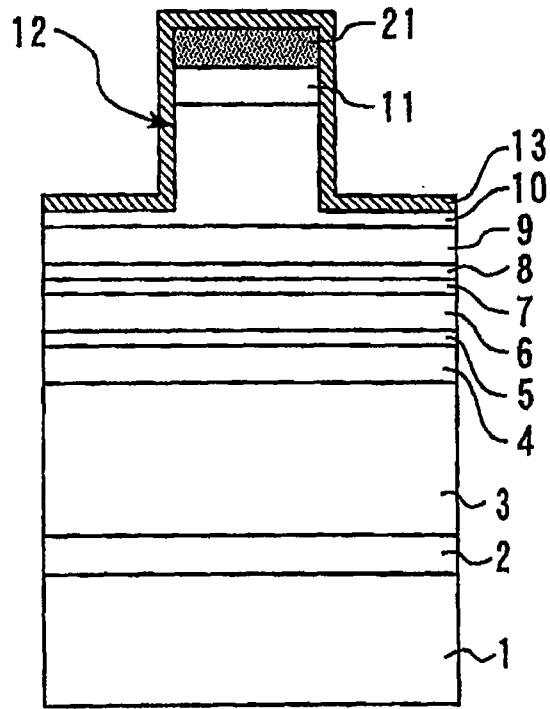


图 5

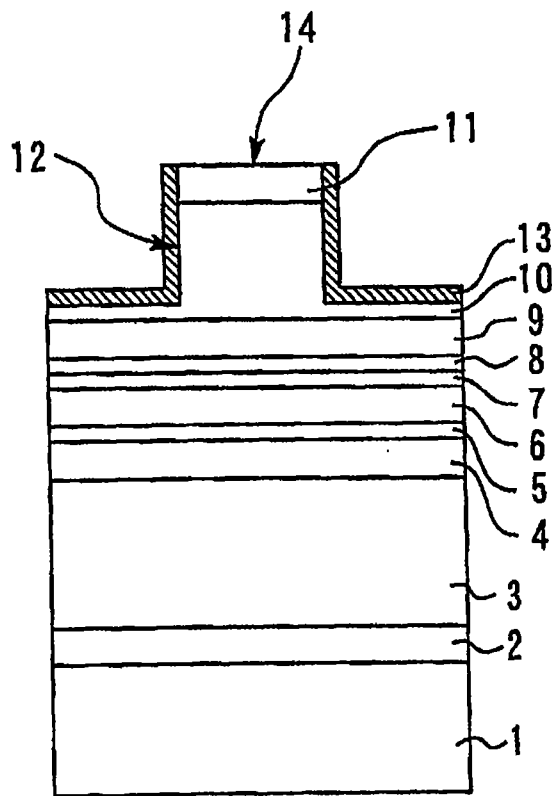


图 6

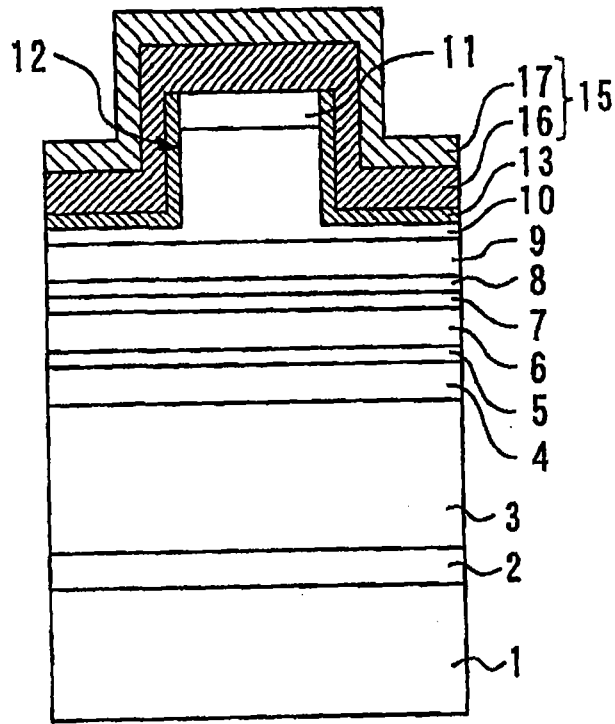


图 7

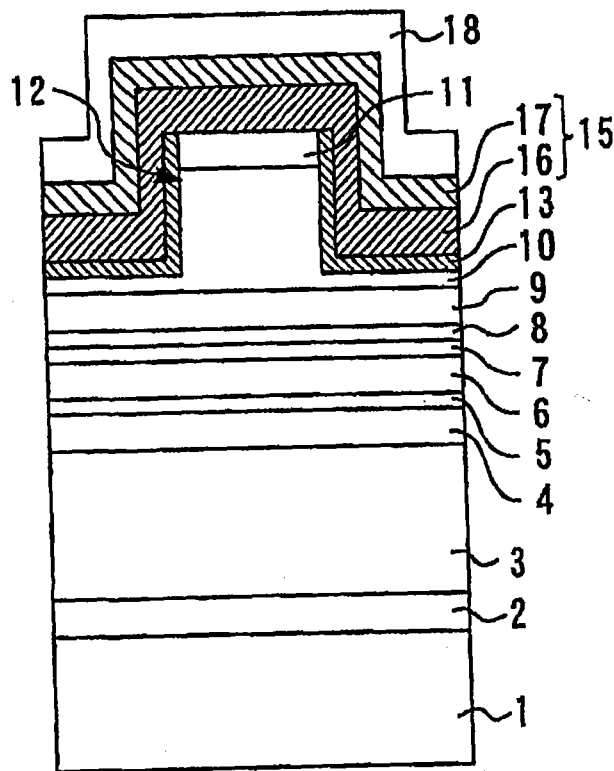


图 8

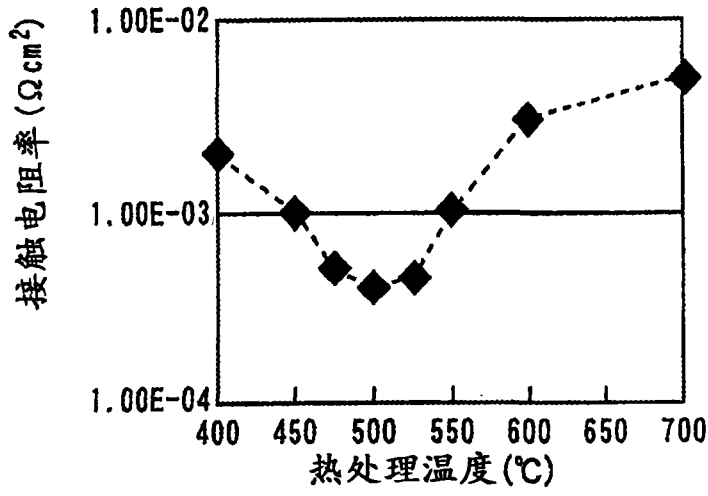


图 9

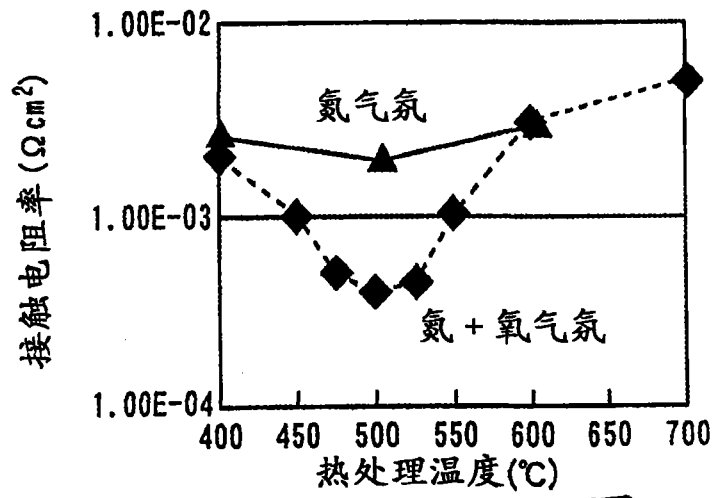


图 10

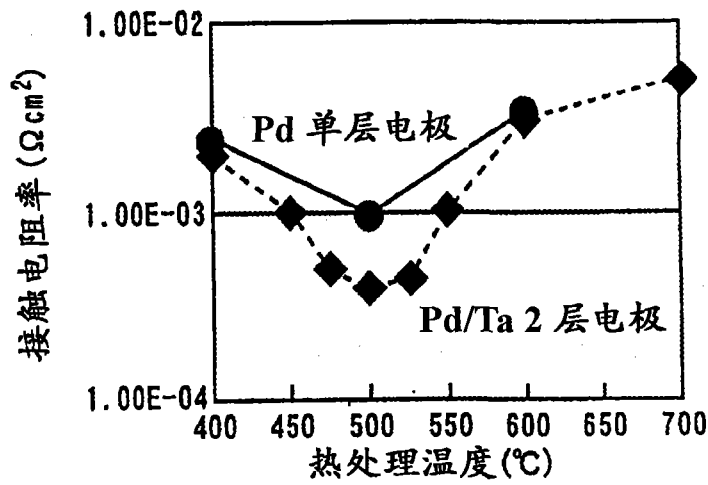


图 11

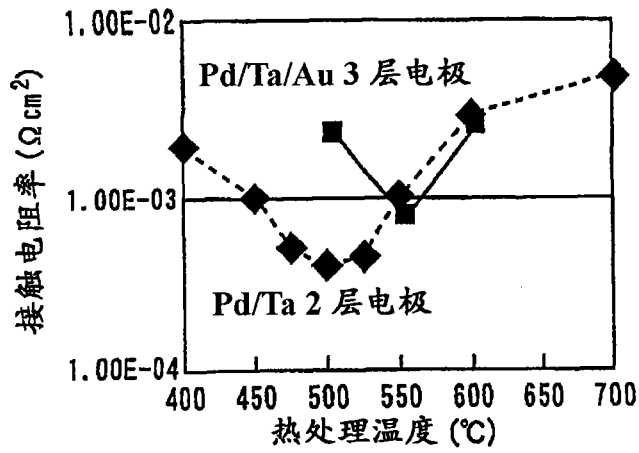


图 12

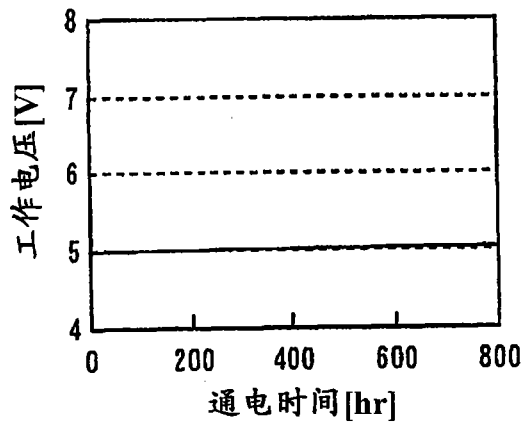


图 13

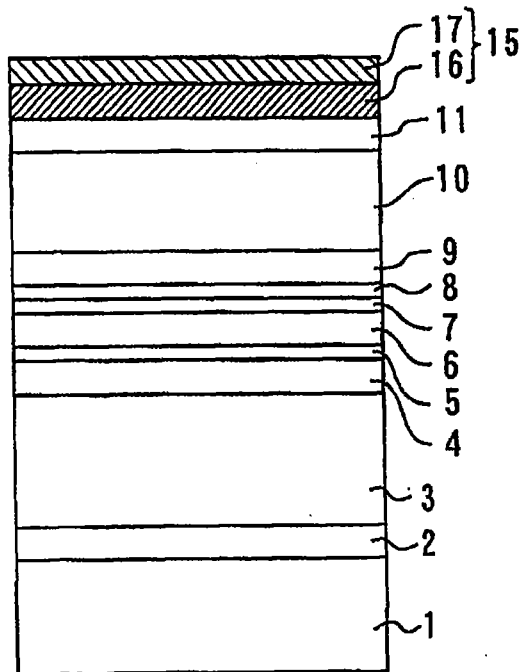


图 14

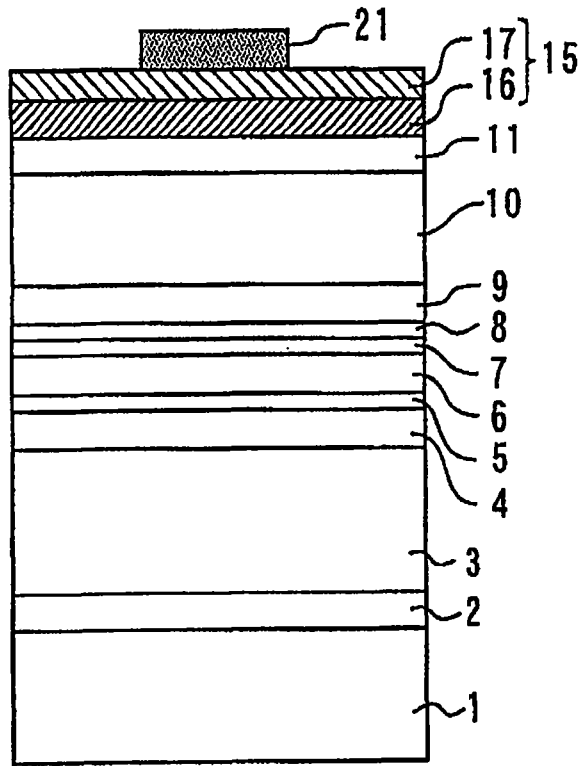


图 15

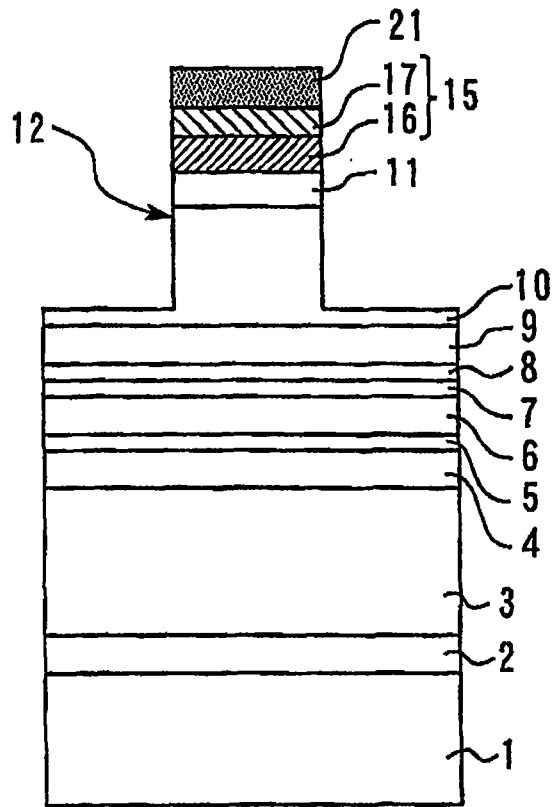


图 16

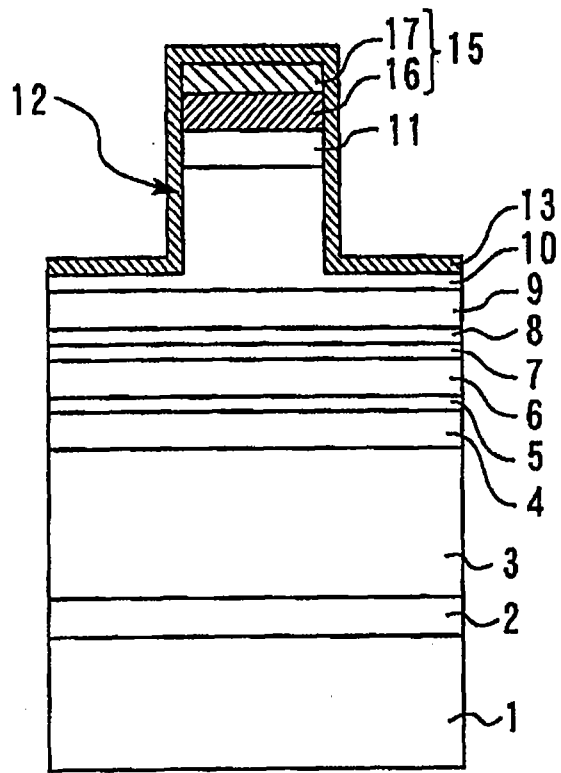


图 17

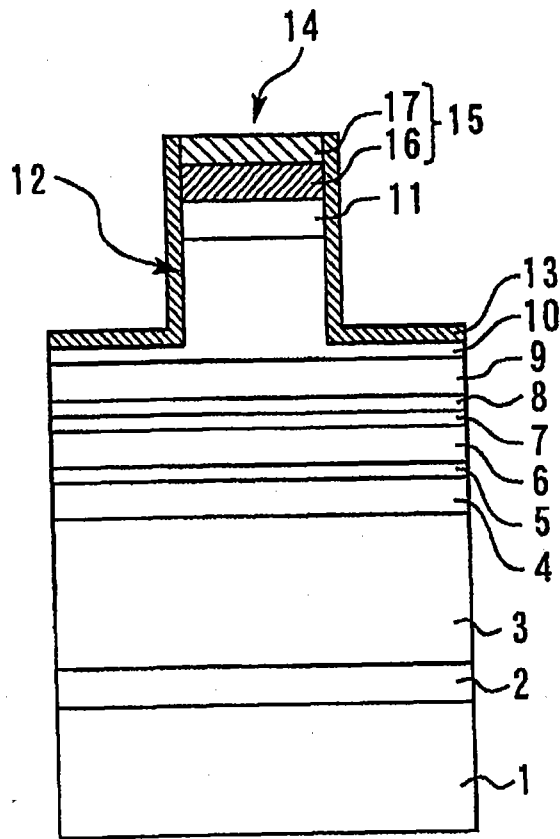


图 18

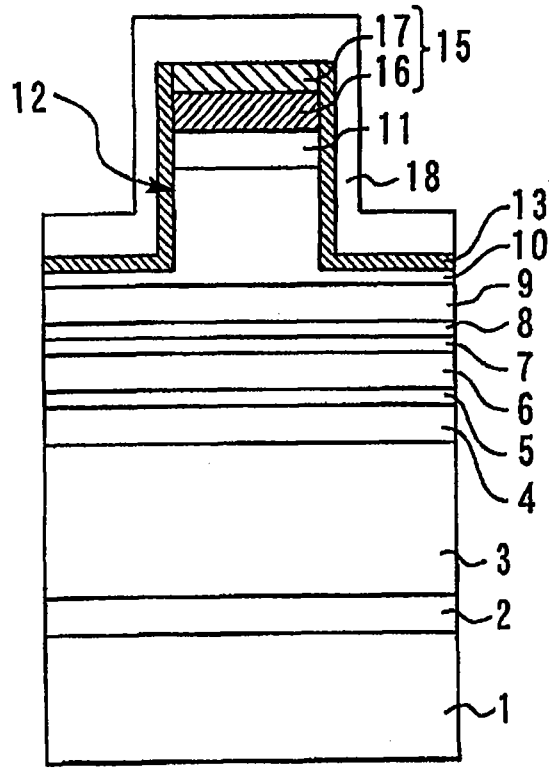


图 19