(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101359806 B
(45)授权公告日 2011.07.20

(21)申请号 200810131165.7

(22)申请日 2008.07.30

(30)优先权数据
2007-197119 2007.07.30 JP

(73)专利权人 松下电器产业株式会社
地址 日本大阪府

(72)发明人 高山彻 佐藤智也 木户口勋

(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 汪惠民

(51)Int.Cl.
H01S 5/10(2006.01)
H01S 5/343(2006.01)
H01S 5/22(2006.01)
H01S 5/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 1531156 A,2004.09.22,
CN 1578031 A,2005.02.09,
JP 特开 2000-357842 A,2000.12.26,
CN 1415128 A,2003.04.30,
EP 1039599 A,2000.09.27,

审查员 范保虎

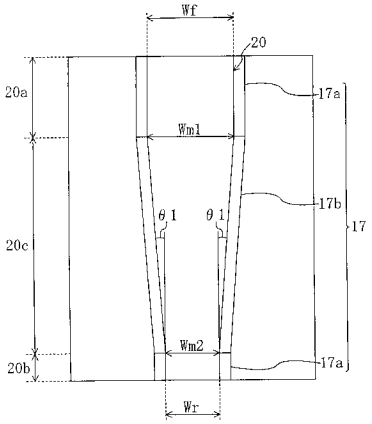
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 12 页

(54)发明名称

半导体激光器装置及其制造方法

(57)摘要

本发明提供一种半导体激光器装置，使得外部微分量子效率的降低减小，高输出工作的状态下的发光效率的饱和不易产生，可以稳定进行基横模振荡。半导体激光器装置，具备：包含在基板上形成的第1包层、活性层和第2包层的共振器构造，第2包层具有取出激光的前端面与作为该前端面的相反侧端面的后端面之间延伸的条形部20。条形部20，具有设在所述端面侧的第1区域20a；设在后端面侧的第2区域20b；和设在第1区域20a与第2区域20b之间的宽度变化的变化区域20c。变化区域20c上的条形部的内部与外部的有效折射率差，比第1区域20a上的条形部的内部与外部的有效折射率差更大。



CN 101359806 B

1. 一种半导体激光器装置，其特征在于，

具备共振器构造，所述共振器构造包含依次形成在基板上的第 1 包层、活性层和第 2 包层，

所述第 2 包层，具有在取出激光的前端面与作为该前端面相反侧的端面的后端面之间延伸的条形部，

所述条形部具有：设于所述前端面侧的第 1 区域；设于所述后端面侧的第 2 区域；和设于所述第 1 区域和所述第 2 区域之间且条形宽度变化的变化区域，

所述条形部是脊条形部，还具备：覆盖所述第 1 区域中的所述脊条形部的侧壁的第 1 电流阻挡层和覆盖所述变化区域中的所述脊条形部侧壁的第 2 电流阻挡层，

所述第 1 电流阻挡层的折射率比所述第 2 电流阻挡层的折射率更大，

使所述变化区域上的所述条形部的内部与外部的有效折射率差，比所述第 1 区域的所述条形部的内部与外部的有效折射率差更大。

2. 根据权利要求 1 所述的半导体激光器装置，其特征在于，

所述第 1 区域包含宽度固定的定宽部分，

所述定宽部分的长度为 10μm 以上。

3. 根据权利要求 1 所述的半导体激光器装置，其特征在于，

所述前端面上的反射率，为所述后端面的反射率以下，

所述前端面上的条形宽度，比所述后端面上的条形宽度更宽。

4. 根据权利要求 1 ～ 3 任意一项所述的半导体激光器装置，其特征在于，

所述活性层，是由一般式为 $(Al_aGa_b)_cIn_{1-c}P$ 表示的材料组成，

所述第 1 包层和第 2 包层，是由一般式为 $(Al_dGa_e)_fIn_{1-f}P$ 表示的材料组成，其中，$0 \leqslant a < 1$，$0 < b \leqslant 1$，$a+b = 1$，$0 < c < 1$；$0 < d < 1$，$0 < e < 1$，$d+e = 1$，$0 < f < 1$。

5. 根据权利要求 1 ～ 3 任意一项所述的半导体激光器装置，其特征在于，

所述活性层，是由一般式为 $Al_aGa_{1-a}As$ 表示的材料组成，

所述第 1 包层和第 2 包层，是由一般式为 $(Al_dGa_e)_fIn_{1-f}P$ 表示的材料组成，其中，$0 \leqslant a < 1$；$0 < d < 1$，$0 < e < 1$，$d+e = 1$，$0 < f < 1$。

6. 根据权利要求 1 所述的半导体激光器装置，其特征在于，

所述活性层是量子阱活性层。

7. 根据权利要求 6 所述的半导体激光器装置，其特征在于，

所述活性层中的、所述前端面附近的区域和所述后端面附近的区域之中的至少一方，由于杂质扩散而被无序化。

8. 根据权利要求 1 ～ 3 任意一项所述的半导体激光器装置，其特征在于，

所述第 1 电流阻挡层和所述第 2 电流阻挡层，由互不相同的电介质材组成。

9. 根据权利要求 1 ～ 3 任意一项所述的半导体激光器装置，其特征在于，

所述第 1 电流阻挡层和所述第 2 电流阻挡层，由相同的电介质材料组成。

10. 根据权利要求 1 ～ 3 任意一项所述的半导体激光器装置，其特征在于，

所述第 1 电流阻挡层，由包含 SiO_2、SiN_x、Al_2O_3、TiO_2、ZrO_2、Ta_2O_5、CeO_2 或 Nb_2O_5，或者包含它们中的至少 2 个的化合物组成，

所述第 2 电流阻挡层，由包含 SiO_2、SiN_x、Al_2O_3、TiO_2、ZrO_2、Ta_2O_5、CeO_2 或 Nb_2O_5，或者包

含它们中的至少 2 个的化合物组成。

11. 一种半导体激光器装置的制造方法，其特征在于，具备以下工序：

在基板上依次形成第 1 包层、活性层和第 2 包层的工序 a；

通过蚀刻所述第 2 包层，形成具有条形宽度变化的变化区域的条形部的工序 b；和

形成第 1 电流阻挡层以覆盖除所述变化区域之外的区域，并且，形成第 2 电流阻挡层以覆盖所述变化区域的工序 c，

在所述工序 c 中，形成所述第 1 电流阻挡层和所述第 2 电流阻挡层，所述第 1 电流阻挡层的折射率比所述第 2 电流阻挡层的折射率更大，使所述变化区域上的所述条形部的内部与外部的有效折射率差，比除所述变化区域之外的区域上的所述条形部的内部与外部的有效折射率差更大。

半导体激光器装置及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种半导体激光器装置及其制造方法，特别涉及红色和红外域的半导体激光器装置及其制造方法。

背景技术

[0002] 当今，对不仅具有播放功能还具有记录功能的对应16倍速记录的DVD等可进行高速写入的光盘系统用光源的需要越来越大。这种光源，至少需要可以以300mW以上的高输出工作的半导体激光器装置。

[0003] 一般，在使半导体激光器装置进行高输出工作时，对取出激光侧的共振器端面（前端面）涂覆具有反射率为10％以下的低反射率的电介质膜，对与前端面相反侧的共振器端面（后端面）涂覆具有反射率为85％以上的高反射率的电介质膜。通过进行低反射率(AR;Anti Reflection)涂覆和高反射率(HR;High Reflection)涂覆，可以提高电流－光输出功率特性中的外部微分量子效率（斜效率）。由此，可以用较少的电流注入量实现较高的光输出功率。此外，还可以防止降低前端面的激光的功率密度，防止因激光本身的光输出导致激光端面被熔化破坏的毁灭性的光损害(COD)。

[0004] 使前面的反射率降低、使后面的反射率提高，对提高COD等级和光取出效率十分有效。但是，如果使前端面的反射率过低，共振器内部中被反馈的激光就会减少，振荡阈值电流就会增大。此外，如果使前端面的反射率降低，在将半导体激光器装置应用在光盘的情况下，容易产生由来自光盘的反射回光带来的噪音（回光感生噪音）。因此，在高输出的激光器中，为了得到较高的光取出效率，同时减少回光感生噪音，前端面涂覆成反射率为5～10％左右。此外，一般后端面要尽可能形成高反射率，所以涂覆成反射率为95％～100％左右。

[0005] 由于前端面和后端面的反射率大小有较大不同，所以在高输出半导体激光器装置中，传播在活性层中的共振器方向的光分布强度，为在前端面侧比后端面侧更高的前后非对称的光分布强度。在这种情况下，光分布强度较高的前端面侧相比后端面侧，能产生更强的受激发射。因此，相比后端面侧，需要往活性层注入更多的的电子－空穴对，特别是，在进行高输出工作时，在前端面侧中，活性层中的电子－空穴对容易变得不足。电子－空穴对不足，为发光效率饱和的一个原因，在获得输出为200mW～300mW以上的高输出激光的情况下，会导致温度特性恶化，造成重大障碍。

[0006] 另一方面，对于通常的AlGaInP类的半导体激光器，为了获得良好的温度特性，以从(100)面起在[011]方向上在从7°至15°的范围内倾斜的面为主面的GaAs基板被广泛使用。在将共振器形成在这种基板上的情况下，如果仅仅使用化学的湿蚀刻来形成脊(ridge)状的条形部，结晶面与条形部侧壁所成的角中的锐角值，为θ1＝54.7°－θ°，θ2＝54.7°＋θ°。另一方面，如果使用离子束蚀刻等物理方法形成条形部，那么就可以将条形部的截面形状，形成为在结晶的截面内相对于叠层方向的轴为轴对称的形状。但是，在这种情况下，脊侧壁上会留下物理损伤，脊侧壁与电流狭窄层之间的界面上会发生泄露，

使电流狭窄效应变差。因此，在用物理方法形成条形部的情况下，优选在电流狭窄层生长之前，对脊的侧壁稍稍进行湿蚀刻。这样，条形部的形状仍然为轴非对称形状。

[0007] 在轴非对称的条形部的情况下，在波导线路中传播的光分布，相对条形为非对称的形状。光密度较高部分的载流子，由于大多是因受激发射而产生载流子的发光再结合，所以载流子的空间烧孔 (hole burning) 形状也为非对称分布。这意味着，与活性层平行的水平方向的有效折射率分布，为左右非对称。由此，光分布容易往增益相对变高的方向上移动，在光输出 - 电流特性上容易发生产生弯曲的扭结 (kink)。

[0008] 为了抑制扭结的发生，可以窄化条形宽度，使电流在狭窄的条形区域中集中通过。由此，可以减小活性层的动作载流子的空间烧孔所产生的载流子分布的凹陷的大小，可以抑制光输出功率 - 电流特性中扭结的产生，直到达到更高的输出。但是，如果窄化条形宽度，就会导致因元件的串联电阻增大而使动作电压增大，以及因功耗增大而使温度特性恶化。

[0009] 为了解决上述课题，已经提出了一种半导体激光器装置，它形成在从基板面方位为 (001) 起在 [110] 方向上倾斜的化合物半导体基板上，具有图 13 所示的条形部 (例如参照专利文献 2)。

[0010] 如图 13 所示，条形部 200 具有 ：被设于共振器中央部且宽度固定的第 1 区域 200a ；和分别被设于第 1 区域的两侧、宽度渐渐变大的第 2 区域 200b。另外，条形部 200 的侧壁上设有电流阻挡层 (未图示)，电流阻挡层的折射率比条形部 200 的折射率小。

[0011] 通过上述构成，条形部 200 内的有效折射率，比条形部 200 外的有效折射率更高。因此，光分布可以被隔绝在条形部 200 内，可以获得基本横模振荡。此外，由于电流阻挡层对激光透明，所以可以减少导波损失，可以降低动作电流值。进而，在条形部 200 的宽度固定的第 1 区域 200a 中，光分布相对于条形部形状的相对发光位置固定，激光的远视野象 (下称 FFP) 的光轴得以稳定。另一方面，对于条形部的宽度变化的第 2 区域 200b，由于条形部上面的宽度变宽，所以可以使串联电阻 (Rs) 减小。其结果，对于半导体激光器装置，可以获得 FFP 光轴稳定的基本横模振荡，同时可以降低动作电流值，降低 Rs。

[0012] [专利文献 1] 特开 2004-200507 号公报

[0013] 然而，上述现有半导体激光器装置存在如下问题。今后，在进行高温工作时，为了实现可输出 300mW 以上的高输出的激光，需要提高温度特性。为此，需要将共振器长度加长约 1500μm 以上。光输出功率 - 电流特性中的外部微分量子效率，与镜面损失 /(镜面损失 + 波导线路损失) 成比例。此外，镜面损失的大小与共振器长度成反比。因此，共振器越长，镜面损失越小，所以外部微分量子效率容易受到波导线路损失的影响。对前端面进行反射率为 7％的涂覆、对后端面进行反射率为 95％的涂覆的半导体激光器装置的镜面损失，在共振器长度为 900μm 时它是 15.1cm^{-1}，共振器长度为 1500μm 时它是 9cm^{-1}。通常的高输出的激光的波导线路损失是 10cm^{-1} 以下，很明显，共振器长度越长，波导线路损失对外部微分量子效率的影响就越大。因波导线路损失而损失的光变为热。由此，在进行高温、高输出工作时，元件的发热被加速，造成热饱和等级降低。

[0014] 据此，对于共振器长度超过 1500μm 的长共振器的半导体激光，波导线路损失的减少对提高高温下热饱和的光输出等级非常重要。由此，对于长共振器的激光器，为了使热饱和的光输出提高，需要尽可能减少波导线路损失。

[0015] 另一方面，上述现有半导体激光器装置，为了使扭结标准提高，具有：条形宽度狭窄的第 1 区域、和条形宽度逐渐变化的第 2 区域。由于从条形宽度变化的第 2 区域的脊侧壁传来的光发生散乱，所以产生放射损失。放射损失的发生带来以下问题：波导线路损失增大约几 cm^{-1}，外部微分量子效率降低约 10％。

发明内容

[0016] 本发明的目的是实现一种半导体激光器装置，使得外部微分量子效率的降低较少，在高输出的工作状态下发光效率的饱和不易发生，可稳定地进行基本横模振荡。

[0017] 为了达到上述目的，本发明对半导体激光器装置采取以下构成：具备具有条形宽度变化区域的条形部，而且对于条形宽度变化的区域，内部与外部的有效折射率差比端面附近区域的大。

[0018] 具体讲就是，对于本发明的半导体激光器装置，其特征在于，具备共振器构造，所述共振器构造包含依次形成在基板上的第 1 包层、活性层和第 2 包层，所述第 2 包层，具有在取出激光的前端面与作为该前端面相反侧的端面的后端面之间延伸的条形部，所述条形部具有：设于所述前端面侧的第 1 区域；设于所述后端面侧的第 2 区域；和设于所述第 1 区域和所述第 2 区域之间且条形宽度变化的变化区域，所述变化区域上的所述条形部的内部与外部的有效折射率差，比所述第 1 区域的所述条形部的内部与外部的有效折射率差更大。

[0019] 本发明的半导体激光器装置中，由于变化区域上的条形部的内部与外部的有效折射率差，比第 1 区域的条形部的内部与外部的有效折射率差更大。所以，可以使条形宽度变化的变化区域中的水平方向上的光的隔绝加强。因此，可以减少在变化区域中传播的光的放射损失，抑制波导线路损失的增大。此外，由于在前端面附近的光的隔绝减弱，前端面附近区域的光密度变小，所以前端面不易产生熔化破坏。此外，在条形宽度窄的部分上，可以抑制活性层载流子的空间烧孔，提高产生扭结的光输出功率。其结果，可以实现扭结等级高并且产生熔化破坏的光输出功率高的、基横模稳定的半导体激光器。

[0020] 对于本发明的半导体激光器装置中，第 1 区域包含宽度固定的定宽部分，定宽部分的长度为 10μm 以上。如此一来，可以通过劈开来将激光器元件分离的情况下，减小因劈开位置的误差而导致的条形宽度的变动。由此，可以进一步减少激光器的远视野象 (FFP) 的大小发生变化。

[0021] 本发明的半导体激光器装置中，所述前端面上的反射率，为所述后端面的反射率以下，所述前端面上的条形宽度，比所述后端面上的条形宽度更宽。

[0022] 通过采取这种构成，可以使注入光密度较高的前端侧面的电流值大于后端面侧。因此，可以提高注入电流转换成光的效率，提高外部微分量子效率。

[0023] 本发明的半导体激光器装置上的活性层是由一般式为 $(Al_aGa_b)_cIn_{1-c}P$（其中，$0 \leqslant a < 1, 0 < b \leqslant 1, a+b = 1, 0 < c < 1$）表示的材料组成，第 1 包层和第 2 包层也可以是由一般式为 $(Al_dGa_e)_fIn_{1-f}P$（其中，$0 < d < 1, 0 < e < 1, d+e = 1, 0 < f < 1$）表示的材料组成。

[0024] 此外，活性层是由一般式为 $Al_xGa_{1-x}As$（其中，$0 \leqslant x < 1$）表示的材料组成，第 1 包层和第 2 包层也可以是由一般式为 $(Al_dGa_e)_fIn_{1-f}P$（其中，$0 < d < 1, 0 < e < 1, d+e = 1$，

$0 < f < 1$) 表示的材料组成。

[0025] 本发明的半导体激光器装置中，活性层也可以是量子阱活性层。通过采取这种构成，可以进一步使振荡阈值电流值减小，得到发光效率较高的半导体激光。

[0026] 本发明的半导体激光器装置中，活性层中的所述前端面附近区域和所述后端面附近区域中的至少一方可以由于杂质扩散而被无序化。通过采取这种构成，杂质扩散区域的活性层的相当于禁制带宽度的能量，比共振器内部的活性层的相当于禁制带宽度的能量更大。由此，杂质扩散区域的活性层对于激光器振荡光透明，不易产生熔化破坏。

[0027] 本发明的半导体激光器装置中，条形部是脊条形部，还具备：覆盖第 1 区域的脊条形部侧壁的第 1 电流阻挡层、和覆盖变化区域的脊条形部侧壁的第 2 电流阻挡层。第 1 电流阻挡层的折射率也可以比第 2 电流阻挡层的折射率大。通过采取这种构成，可以减少变化区域上的脊侧壁发射的损失光的产生，即便是相对于共振器方向条形宽度为不同的结构，也可以抑制波导线路损失的增大。

[0028] 本发明的半导体激光器装置中，第 1 电流阻挡层和第 2 电流阻挡层既可以是互不相同的电介质材料，也可以是相同的电介质材料。

[0029] 本发明的半导体激光器装置中，第 1 电流阻挡层和第 2 电流阻挡层，分别也可以是由包含 SiO_2、SiN_X、Al_2O_3、TiO_2、ZrO_2、Ta_2O_5、CeO_2 或 Nb_2O_5，或者至少包含它们中的 2 个的化合物组成。

[0030] 对于本发明的半导体激光器装置的制造方法，其特征在于，具备以下工序：在基板上依次形成第 1 包层、活性层和第 2 包层的工序 a；通过蚀刻所述第 2 包层，形成具有条形宽度变化的变化区域的条形部的工序 b；和形成第 1 电流阻挡层以覆盖除所述变化区域之外的区域，并且，形成第 2 电流阻挡层以覆盖所述变化区域的工序 c，在所述工序 c 中，形成所述第 1 电流阻挡层和所述第 2 电流阻挡层，使所述变化区域上的所述条形部的内部与外部的有效折射率差，比除所述变化区域之外的区域上的所述条形部的内部与外部的有效折射率差更大。

[0031] 本发明的半导体激光器装置的制造方法中，由于是通过变化区域上的条形部的内部与外部的有效折射率差、比除变化区域外的区域上的条形部的内部与外部的有效折射率差更大的方式，形成第 1 电流阻挡层和第 2 电流阻挡层，所以，在变化区域中传播的光的放射损失较小，可以容易实现抑制波导线路损失增大的半导体激光器装置。

[0032] 本发明的半导体激光器装置及其制造方法，可以使外部微分量子效率的降低减少，在高输出工作的状态下不易产生发光效率饱，实现稳定进行基横模振荡的半导体激光器装置。

附图说明

[0033] 图 1 是表示本发明一实施方式的半导体激光器装置的截面图。

[0034] 图 2 是表示本发明一实施方式的半导体激光器装置的平面图。

[0035] 图 3 是表示一例一般的半导体激光器装置中的活性层的动作载流子密度的水平方向上的分布图线。

[0036] 图 4 是表示本发明一实施方式的半导体激光器装置的第 1 变形例的平面图。

[0037] 图 5 是表示镜面损失（α_m）/（镜面损失（α_m）+ 波导线路损失（α_w））与波导线路

损失的关系受到共振器长度影响的图线。

[0038] 图 6 是表示锥角与波导线路损失的增大量的关系受到条形部的内部与外部的有效折射率差（Δn）影响的图线。

[0039] 图 7 是表示将本发明一实施方式的半导体激光器装置的电流－光输出功率特性与以往的半导体激光器装置进行比较的图线。

[0040] 图 8 是表示本发明一实施方式的半导体激光器装置的第 2 变形例的平面图。

[0041] 图 9 是表示本发明一实施方式的半导体激光器装置的第 3 变形例的平面图。

[0042] 图 10 是表示本发明一实施方式的半导体激光器装置的第 4 变形例的平面图。

[0043] 图 11 是按照工序顺序表示本发明一实施方式的半导体激光器装置的制造方法的截面图。

[0044] 图 12 是按照工序顺序表示本发明一实施方式的半导体激光器装置的制造方法的截面图。

[0045] 图 13 是表示现有例的半导体激光器装置的平面图。

[0046] 图中：10- 基板，11- 缓冲层，12- 第 1 包层 (clad layer)，13- 活性层，14- 第 2 包层，15- 保护层，16- 接触层，16- 记录，17- 电流阻挡层 (current block layer)，17a- 第 1 电流阻挡层，17b- 第 2 电流阻挡层，18a-P 电极，18b-N 电极，20- 条形 (stripe) 部，20a- 第 1 区域，20b- 第 2 区域，20c- 变化区域，30- 氧化硅膜，31-Zn 扩散源，32- 氧化硅膜，40- 共振器构造，40a- 端面窗部。

具体实施方式

[0047] 参照附图，对本发明一实施方式进行说明。图 1 是表示本实施方式的半导体激光器装置的取出激光的前端面侧的截面构成。如图 1 所示，本实施方式的半导体激光器装置，是在将从 (100) 面起在 [011] 方向上倾斜 10° 的面作为主面的由 n 型 GaAs 所组成的基板 10 上，形成共振器构造 40 的红色激光器装置。另外，省略了 P 电极和 N 电极的有关图示。

[0048] 在基板 10 上依次形成有：厚度为 0.5μm 的由 n 型 GaAs 组成的缓冲层 11；厚度为 2μm 的由 n 型 $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.51}In_{0.49}P$ 组成的第 1 包层 12；活性层 13；由 p 型 $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.51}In_{0.49}P$ 组成的第 2 包层 14；厚度为 50nm 的由 p 型 $Ga_{0.5}In_{0.49}P$ 组成的保护层 15；和厚度为 0.4μm 的由 p 型 GaAs 组成的接触层 16。

[0049] 活性层 13，是应变量子阱活性层，由从下侧依次叠层的由 $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.49}P$ 组成的第 1 引导层、3 层的由 GaInP 组成的势井层、2 层的由 AlGaInP 组成的壁垒层；和由 AlGaInP 组成的第 2 引导层组成。

[0050] 在第 2 包层 14 上，形成有脊状的条形部 20。从条形部 20 的下端到活性层 13 上端的距离 dp 为 0.2μm。此外，从条形部 20 的上端到活性层 13 的上端的距离为 1.4μm。在条形部 20 的侧壁上，形成有厚度为 0.3μm 的电流阻挡层 17。

[0051] 电流阻挡层 17，像后面说明的那样，含有设于端面附近的第 1 电流阻挡层和设于中央部的第 2 电流阻挡层。

[0052] 从接触层 16 注入的电流，由于电流阻挡层 17 而只在条形部 20 上被窄化，被集中注入至位于活性层 13 上的条形部 20 的下方的部分。因此，激光振荡所必需的载流子的翻转分布状态，通过几十 mA 这样微小的注入电流得以实现。

[0053] 在因注入到活性层 13 的载流子的再结合而发光的光中，在与活性层 13 垂直的方向上放射的光，在垂直方向上被夹持活性层 13 的第 1 包层 12 和第 2 包层 14 隔绝。与活性层 13 平行的方向上放射的光，因电流阻挡层 17 与第 2 包层 14 之间的折射率之差而在平行方向上被隔绝。此外，由于电流阻挡层 17 相对于激光器振荡光是透明的，所以没有光吸收，可以实现低损失的波导线路。此外，由于在波导线路中传播的光分布，可以在电流阻挡层 17 上大量溢出，所以容易实现适于高输出工作的 10^{-3} 量级的有效折射率差〔Δn〕。此外，对于 Δn 的大小，可以通过改变 dp，以 10^{-3} 量级进行精密控制。这样，在对光分布进行精密控制的同时，可以得到低动作电流、高输出的半导体激光器。

[0054] 另外，如果将基板法线方向设为垂直方向，将在条形内部区域中在垂直方向上构成的多层波导线路的垂直方向的传导常数（β1）与真空中的波数（k0）之比（β1/k0）设为 Neq1，将条形的外部区域中在垂直方向上构成的多层波导线路的垂直方向的传导常数（β2）与真空中的波数（k0）之比（β2/k0）设为 Neq2，那么所谓有效折射率差〔Δn〕，就是指 Neq1 与 Neq2 的差（Δn ＝ Neq1-Neq2）。

[0055] 此外，在进行 80℃的高温操作时，为了提高放热性，在本实施方式中将共振器长度设为 1750μm。

[0056] 在共振器构造 40 的前端面和后端面上，进行电介质膜覆盖（未图示），使得对红色激光的反射率分别为 7％和 95％。此外，在前端部和后端部附近，接触层 16、保护层 15、第 2 包层 14、活性层 13 和第 1 包层 12 的一部分被无序化，来形成端面窗部 40a。

[0057] 图 2 表示本实施方式的另一半导体激光器装置的平面构成。如图 2 所示，条形部 20 具有：设于取出激光的前端面侧的第 1 区域 20a；设于作为前端面的相反侧端面的后端面侧的第 2 区域 20b；和设于第 1 区域 20a 与第 2 区域 20b 之间的变化区域 20c。

[0058] 第 1 区域 20a 上的条形宽度 Wf 是 3.5μm，第 2 区域 20b 上的条形宽度 Wr 是 2.1μm，变化区域 20c 上，条形宽度是从 Wm1 至 Wm2 呈直线变化的，锥角为 θ1。另外，这里所说的条形宽度，是指图 1 所示的条形部 20 的下端部的宽度 W。

[0059] 此外，在第 1 区域 20a 和第 2 区域 20b 的侧壁上，形成有第 1 电流阻挡层 17a，在变化区域 20c 的侧壁上形成有第 2 电流阻挡层 17b。有关第 1 电流阻挡层 17a 和第 2 电流阻挡层 17b 的详细说明将在后面进行。

[0060] 一般，高输出的激光器中，通常覆盖（coating）电介质膜，使得前端面侧的反射率（Rf）为 10％以下的低反射率，后端面侧的反射率（Rr）为 75％以上的高反射率。这是为了提高来自前端面的光取出效率，而且降低前端面侧的光密度，提高激光器的端面形成熔化破坏（COD）的光输出等级。这时，对于波导线路的共振器方向的光密度而言，前端面侧比后端面侧更高，需要更多的为了激光器振荡而消耗的活性层的载流子数。因此，如果对共振器内部的光密度相对较高的前端面侧注入更多的电流，则可以提高电流－光输出功率特性的斜率，得到温度特性突出的元件。也就是说，对于前端面侧的反射率比后端面侧的反射率更小的激光器，若使前端面侧的条形宽度大于后端面侧的条形宽度，则有益于注入的电流高效地受激发射，可以提高斜率。

[0061] 这里，对条形宽度进行说明。活性层上的动作载流子密度在水平方向的分布，如图 3 所示，在脊中央部呈相对凹陷的分布。这是被称为载流子的空间烧孔现象，它取决于条形部的中央部所产生的较强的受激发射。如果将该载流子浓度凹陷的大小设为 ΔNc，则 ΔNc

越大，活性层的增益分布，在光密度较高的条形部的中央部就越低，其两侧的增益越大。因此，会因极小的、条形的左右非对称性，光分布左右移动，并产生扭结。为了抑制这种现象，需要使 ΔNc 变小。为了使 ΔNc 变小，尽量窄化条形宽度 W，使电流集中通过活性层中狭窄的区域，十分有效。由此，可以在光分布强度较高的条形部的紧挨中央部正下方的活性层，以较高电流注入密度补充因受激发射而消耗的载流子。相反，如果条形宽度变大，光分布就会被隔绝在条形部内，ΔNc 会变大。因此，当条形宽度加大时，扭结等级就降低了。

[0062] 另一方面，条形宽度可以对元件的串联电阻产生影响，条形宽度大的元件，元件的串联电阻就小，可以使动作电压降低。动作电压的降低关系到功耗的降低。此外，由于发热量降低，所以也关系到温度特性的提高。另外，由于可以降低激光器装置的驱动电压，所以在电路设计上，是很有利的。因此，优选条形宽度在扭结等级不降低的范围内尽量加大。

[0063] 总之，(1) 在电流 - 光输出功率特性上要想提高外部微分量子效率，最好从前端面侧向后端面侧进行条形宽度的窄化，(2) 为了降低动作电压，最好使条形宽度变宽，(3) 为了抑制扭结发生，最好使条形宽度变窄。也就是说，为了使动作电流值和动作电压较低、提高扭结等级，优选扩大前端面侧上的条形宽度，窄化后端面侧的条形宽度，使其间的条形宽度渐渐变窄。

[0064] 条形宽度也可以从前端面侧向后端面侧连续变化。但是，如果条形宽度变化，脊侧壁上的波导光的散乱损耗就会变大，使效率降低。因此，为了降低改变条形宽度情况下的波导线路损耗的增大量，最好在光密度较高的前端面部中使条形宽度变化较小。因此，如图 2 所示，在前端面侧的第 1 区域 20a 中，优选将条形宽度设为固固定。此外，在第 1 区域 20a 中，在改变条形宽度的情况下，如图 4 所示，优选变化量小于变化区域 20c，也就是说，最好使第 1 区域 20a 上的锥角 θ0 小于变化区域 20c 的锥角 θ1。

[0065] 也就是说，如果将前端面上的条形宽度设为 Wf、将变化区域的前端面侧的端部上的条形宽度设为 Wm1、将变化区域 20c 的后端面侧的端部上的条形宽度设为 Wm2、将第 1 区域 20a 的长度设为 L1、将变化区域 20c 的长度设为 L2，优选满足 Wf ≥ Wm1、Wm1 > Wm2、(Wf-Wm1)/L1 > (Wm1-Wm2)/L2 的关系。

[0066] 换言之，在条形宽度相对共振器方向变化、形成，并存在条形宽度对共振器方向的变化率不同的多个区域的情况下，该变化率，只要将平均光密度更高的区域的变化率设定得更小即可。

[0067] 此外，在激光端面附近，在通过劈开将元件分裂的情况下，为了抑制由于劈开位置的错位而导致的条形宽度的变动，在距离端面长约 10μm 以上的区域，优选将条形宽度设为固定。原因是：如果条形宽度变动，波导线路中传播的光分布幅度就会发生变化，所以共振器端面放射的远视野图像 (FFP) 就会变化。在图 2 中，在距离前端面 200μm 和距离后端面 50μm 的位置上，将条形宽度设为固定。此外，在图 4 中，在距离前端面 10μm 的位置上，将条形宽度设为固定。

[0068] 在后端面侧，即使条形宽度因劈开位置的偏差而变化，也几乎不会对前端面放射的 FFP 的图形产生影响。此外，后端面侧由于光密度较小，所以即便 Δn 变小，脊侧壁上产生的散乱损失的大小也很小。因此，第 2 区域上的条形宽度，不一定非要固定。

[0069] 在设置有条形宽度变化的变化区域的情况下，从脊侧壁传播的光发生散乱，关系到波导线路损失的增大。因此，只要抑制因来自于这种脊侧壁的散乱而导致的波导线路损

耗的产生，就可以进一步提高外部微分量子效率，得到高效发光的半导体激光器。为了在半导体激光器上进行高温高输出的工作，需要加长共振器长度，在提高放热性的同时降低动作载流子密度，抑制来自高温工作时的活性层的热激发的载流子的溢出。

[0070] 对于对应 16 倍速记录的可高速写入的光盘系统用的红色激光器，需要在 80℃以上的高温下，实现 300mW 以上的高输出工作。因此，需要将红色激光器的共振器的长度设为 1500μm 以上。在这种情况下，光输出 - 电流特性中的外部微分量子效率，与镜面损失（α_m）/（镜面损失（α_m）+ 波导线路损耗（α_W））成比例。如果设表示被注入的载流子进行发光再结合的比例的内部量子效率为（η_i）、设从前端面取出激光器振荡光的效率为（η_e），那么外部微分量子效率如式 1 那样表示。

[0071] 【式 1】

[0072] $$\eta_d = \eta_i \eta_e \frac{\alpha_m}{\alpha_m + \alpha_w}$$

[0073] 这里，如果将 L 设为共振器长度，镜面损失由下式表示。

[0074] 【式 2】

[0075] $$\alpha_m = \frac{1}{2L} Log_e \left(\frac{1}{R_f R_r} \right)$$

[0076] 由式 2 可知：共振器长度越长，镜面损失就越小。因此，可知：共振器长度越长，外部微分量子效率所对应的波导线路损失的大小的影响就越大。

[0077] 图 5，将镜面损失（α_m）/（镜面损失（α_m）+ 波导线路损耗（α_W））设为 η_r，表示对 η_r 与波导线路损失之间关系的共振器长度依赖性的研究的结果。在本实施方式中，为了降低波导线路损失，提高外部微分量子效率，电流阻挡层对激光几乎透明，它采用了使用比包层的折射率还低的介质材料的实折射率波导线路构造。在这种情况下，波导线路损失通常为 $10cm^{-1}$ 以下的波导线路损失。因此，图 5 所示的结果表示的是，波导线路损失为 $10cm^{-1}$ 以下的波导线路损失的范围。

[0078] 如图 5 所示，共振器长度越长，外部微分量子效率就越小，路损失的增大对 η_r 的影响就越大。在共振器长度为 1500μm 以上的情况下，如果波导线路损失增大 $1cm^{-1}$ ～ $2cm^{-1}$，η_r 就降低约 10%。这意味着外部微分量子效率降低约 10%，对高温高输出工作造成重大障碍。

[0079] 由此，可知：即便为了提高放热性而将共振器长度设为 1500μm 以上，也会由于 η_r 变小，造成外部微分量子效率降低，不仅如此，波导线路损失对降低外部微分量子效率的影响增大。

[0080] 因此，对于长度为 1500μm 以上的长共振器的激光器而言，如果不尽可能地降低波导线路损失，就无法在低动作电流下进行高输出工作。对于动作电流值的增大，从激光驱动电路的驱动电流容量的限制和因电力损耗增加而导致发热量增大的观点出发，动作电流值最好尽可能地小。

[0081] 为了获得低动作电流的高输出激光器，需要抑制波导线路损失的增大。但是，本实

施方式的半导体激光器装置，由于具有条形宽度从共振器长的前面向后面逐渐变窄的变化区域，所以有可能因来自脊侧壁的散乱损失而使波导线路损失变大。

[0082] 图6表示条形部的内部与外部的有效折射率差（Δn）对锥角与波导线路损失的增大量之间的关系产生的影响。另外，所谓锥角是图2所示的条形宽度变化的角度 θ1。

[0083] 如图6所示，如果锥角变大，波导线路损失就增大。此外，Δn越大，波导线路损失的增大量越小。当 Δn较小时，在波导线路中传播的激光就会向条形部外扩散，所以对于条形部外的活性层也需要进行激光振荡所必需的电流注入，使振荡阈值电流值增大和动作电流值增大。相反，当 Δn较大时，由于光分布被较强地隔绝在条形部内，所以，条形部内的光密度就会变高，载流子的空间烧孔的大小就会增大，很容易产生扭结。为此，通常，高输出的激光器中，为了稳定光分布的横模，将 Δn设为 5×10^{-3} 至 7×10^{-3} 左右。对于该 Δn的范围，为了使波导线路损失的增大抑制在 $2cm^{-1}$ 以下，为了防止外部微分量子效率降低10％以上，在 Δn为 7×10^{-3} 情况下，要将锥角设为0.23° 以下。此外，在 Δn为 5×10^{-3} 的情况下，要将锥角设为0.12° 以下。因此，如果将锥角设为0.12° 以下，那么在 Δn为 5×10^{-3} 以上的波导线路的情况下，可以使波导线路损失的发生控制在 $2cm^{-1}$ 以下。另外，如果将锥角设为0.05° 以下，那么在 Δn为 5×10^{-3} 以上的波导线路的情况下，可以使波导线路损失的发生控制在 $1cm^{-1}$ 以下。

[0084] 也就是说，如果在取出光的共振器的前端面附近，将 Δn设定得较小以便获得希望的光分布，在条形宽度变化的区域将 Δn设定得较大，就可以抑制条形宽度变化所导致的波导线路损失的增大。

[0085] 对于本实施方式的半导体激光器装置，在图2所示的第1区域20a和第2区域20b中，将电流阻挡层17设成由SiN组成的第1电流阻挡层17a，在变化区域20c中，将电流阻挡层17设成由 SiO_2 组成的第2电流阻挡层17b。因此，第2电流阻挡层17b的折射率就比第1电流阻挡层17a小。这样，通过减小变化区域20c中的第2电流阻挡层17b的折射率，即便dp相同，也可以改变 Δn。具体讲就是，变化区域20c中的 Δn的值是 7×10^{-3}，第1区域20a和第2区域20b中的 Δn的值是 5.5×10^{-3}。

[0086] 在图2所示的例子中，前端面上的条形宽度为3.5μm，后端面上的条形宽度为2.1μm，共振器长度为1750μm，在距离前端面200μm的第1区域20a和距离后端面50μm的第2区域20b中，条形宽度固定。所以，锥角 θ1为0.03° 。因此，由于改变了条形宽度，所以波导线路损失的增大为非常小的值，约 $0.3cm^{-1}$ 左右。其结果如图5所示，能够将因改变条形宽度而导致的散乱损失的发生对 η_r 下降带来的影响，抑制在几％以下，为非常小的水平上。

[0087] 图7表示本实施方式的半导体激光器装置的电流－光输出功率特性。动作条件是80℃、50ns、脉冲占空比为40％。本实施方式的半导体激光器装置，将第1区域和第2区域中的 Δn的值设为 5.5×10^{-3}，将变化区域中的 Δn的值设为 7×10^{-3}。现有的半导体激光器装置，其 Δn为 5.5×10^{-3}，并且固定。对于本实施方式的半导体激光器装置，可知：相对于现有的半导体激光，动作电流降低了约10％，对降低波导线路损失具有效果。

[0088] 图2中，表示变化区域中的条形宽度的变化率为固定的例子，只要端面反射率低的前端面侧的条形宽度比端面反射率相对较高的后端面侧的条形宽度更宽即可。因此，如图8所示，对于变化区域20c，条形宽度的变化率以2阶段变化即可。在这种情况下，设变化

区域 20c 中的 Δn 值为大于第 1 区域 20a 和第 2 区域 20b 中的 Δn 值。

[0089] 在使条形宽度的变化率进行 2 阶段变化的情况下，优选在前端面侧的区域 R1 中，与后端面侧的区域 R2 相比条形宽度的变化率小，也就是说，区域 R1 中的锥角 θ1 比区域 R2 中的锥角 θ2 小。由此，在光密度较高的前端面侧的部分上，锥角变小，因而可以对脊侧壁上的散乱损失的发生进行进一步抑制。在这种情况下，θ1 是 0.23° 以下，优选是 0.12° 以下，更优选是 0.05° 以下。此外，虽然只要 θ1 比 θ2 小即可，但如图 9 所示，可以将 θ1 设为 0 度，来将前端面侧的区域 R1 设为定宽区域。

[0090] 此外，也可以对条形宽度的变化率进行 2 阶段以上的变化。在这种情况下，只要条形宽度的变化率从前端面侧的区域向后端面侧的区域逐渐变大即可。此外，如图 10 所示，对于最前端面侧的区域 R1，可以将 θ1 设为 0 度，将最前端面侧的区域 R1 设为定宽区域。

[0091] 另外，已经表示了条形宽度的变化是直线状的例子，也可以不必是直线，只要是端面反射率较低的前端面上的条形宽度比端面反射率相对较高的后端面上的条形宽度更宽、且变化区域上的条形宽度的共振器长所对应的变化率的绝对值，换算成角度为 0.23° 以下，任何形状都可以。在这种情况下，为了进一步抑制因锥形状而导致的波导线路损失的发生，优选变化区域中的条形宽度的变化率的绝对值换算成角度为 0.12° 以下，更优选为 0.05° 以下。

[0092] 如果前端面上的条形宽度大，电流的注入面积就会增大，所以，可以使元件的微分电阻减小，可以提高在进行高温工作时发生热饱和的光输出的等级，另一方面，高次横模会被截止，电流－光输出功率特性上容易产生扭结。因此，前端面的条形宽度可以设为 2.5μm 以上 5μm 以下，优选设为 3μm 以上 4μm 以下，更优选设为 3.2μm 以上 3.7μm 以下。此外，如果后端面上的条形宽度大，注入面积就会增大，所以元件的微分电阻减小，而另一方面，高次横模会被截止，电流－光输出功率特性上容易产生扭结，另外，通过将电流注入区域设为锥状，电流的利用效率也会降低。因此，可以将后端面的条形宽度设为 1μm 以上 3μm 以下，优选设为 1.5μm 以上 2.5μm 以下，更优选设为 1.7μm 以上 2.3μm 以下。

[0093] 下面，参照附图，对本发明一实施方式的半导体激光器的制造方法进行说明。图 11 按照工序顺序表示了一个实施方式的半导体激光器的制造方法。

[0094] 首先，如图 11(a) 所示，在以从 (100) 面起在 [011] 方向上倾斜 10° 的面作为主面的由 n 型 GaAs 组成的基板 10 上，使用有机金属气相堆积 (MOCVD) 法，依次形成：厚度为 0.5μm 的由 n 型 GaAs 组成的缓冲层 11；厚度为 1.2μm 的由 n 型 $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.51}In_{0.49}P$ 组成的第 1 包层 12；活性层 13；由 p 型 $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.51}In_{0.49}P$ 组成的第 2 包层 14；厚度为 50nm 的由 p 型 $Ga_{0.51}In_{0.49}P$ 组成的保护层 15；和厚度为 0.3μm 的由 p 型 GaAs 组成的接触层 16。也可以取代 MOCVD 法，使用分子线磊晶法 (MBE)。

[0095] 在本实施方式中，活性层 13 是具有由 $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.51}In_{0.49}P$ 组成的第 1 引导层；3 层的由 GaInP 组成的势井层；2 层的由 AlGaInP 组成的壁垒层；和由 AlGaInP 组成的第 2 引导层的应变量子阱活性层。也可以取代应变量子阱活性层，使用无应变的量子阱或块材 (bulk)。此外，活性层的导电型既可以是 p 型，也可以是 n 型，无掺杂也可以。

[0096] 将基板从 MOCVD 反应炉中取出之后，如图 11(b) 所示，使用热 CVD 法 (370℃)，将 0.3μm 的氧化硅膜 30 堆积在接触层 16 上。

[0097] 接下来，进一步使用光刻和干蚀刻技术使氧化硅膜 30 图形化，在距离端面 30μm

左右的区域，使接触层 16 露出。接着，如图 11(c) 所示，对接触层 16 的露出部，使用由 Zn 组成的扩散源 31，使 Zn 热扩散。由此，在端面附近，形成端面窗部 40a。

[0098] 如果在端面附近扩散杂质，使量子阱活性层无序化，在 100mW 左右就会造成端面破坏，所以，为了能够进行 100mW 以上的高输出的工作，共振器端面的量子阱活性层，优选通过无序化，形成对激光透明的端面窗部 40a。

[0099] 接下来，使用大气压热解 CVD 法 (370℃)，在接触层 16 上形成厚度为 0.3μm 的氧化硅膜 32，然后使用光刻和干蚀刻技术进行图形化。在进行图形化时，对取出激光的前端面侧的第 1 区域，采取宽为 3.5μm 的条形，对后端面侧的第 2 区域，采取宽为 2.1μm 的条形，在第 1 区域和第 2 区域之间的变化区域，采取宽从 3.5μm 到 2.1μm 渐渐变窄的锥状条形。将图形化了的氧化硅膜 32 作为掩膜，使用硫酸类或盐酸类蚀刻剂，依次有选择地对接触层 16、保护层 15 和第 2 包层 14 进行蚀刻，形成如图 11(b) 所示的平顶山状条形部 20。在形成平顶山状的条形部 20 之后，用氟酸类溶液除去作为掩膜使用的氧化硅膜。

[0100] 接下来，对基板上的整个面，形成成为第 2 电流阻挡层 17b 的氧化硅膜。接着，使用光刻法将抗蚀剂膜图形化，使接触层 16 的上面、第 1 区域和第 2 区域中的包含条形部 20 侧壁的条形部 20 的两侧的区域开口。接着，将图形化了的抗蚀剂膜作为掩膜，有选择地除去氧化硅膜。由此，如图 12(a) 所示，在变化区域中，形成第 2 电流阻挡层 17b。另外，图 12(a) 表示变化区域的截面。

[0101] 接下来，使用光刻法，在第 1 区域和第 2 区域，将抗蚀剂膜图形化，使得仅在含有条形部 20 侧壁的条形部 20 的两侧区域开口。接着，在形成成为第 1 电流阻挡层 17a 的 SiN 膜之后，通过剥离 (lift off) 除去抗蚀剂膜上的 SiN 膜。由此，如图 12(b) 所示，在第 1 区域和第 2 区域中，形成第 1 电流阻挡层 17a。

[0102] 下面，如图 12(c) 所示，在接触层 16 上形成 P 电极 18a，在基板的背面形成 N 电极 18b。

[0103] 已经表示了将 SiN 用于第 1 电流阻挡层、将 SiO_2 用于第 2 电流阻挡层的例子。但是，只要第 1 区域和第 2 区域的 Δn 是可以获得所期望的光分布的范围，变形区域中，与第 1 区域和第 2 区域相比 Δn 变大即可，可以使用任何一种材料。具体讲就是，可以对氧化硅 (SiO_2)、氮化硅 (SiN)、氧化钛 (TiO_2)、氧化铝 ($Al2O_3$)、氧化锆 (ZrO_2)、氧化钽 (Ta_2O_5)、氧化铈 (CeO_2)、氧化铌 (Nb_2O_5) 和氢化无定形硅等进行适当组合并选择。此外，也可以使用这些材料的混合物，或者使用由这些材料组成的多层膜。

[0104] 本实施方式，对具有用一般式为 $(Al_aGa_b)_cIn_{1-c}P$ (其中，$0 \leqslant a < 1$，$0 < b \leqslant 1$，$a+b = 1$，$0 < c < 1$) 表示的材料组成的活性层的红色的半导体激光器装置进行了说明。但是，对于具有用一般式为 $(Al_aGa_b)_cIn_{1-c}P$ (其中，$0 \leqslant a < 1$，$0 < b \leqslant 1$，$a+b = 1$，$0 < c < 1$) 表示的材料组成的活性层的红外的半导体激光器装置，也可以得到相同效果。

[0105] 另外，本实施方式中，虽然是将用来注入电流的构造设成脊条形部，但对于其它的条形构造，也可以得到相同效果。

[0106] 本发明的半导体激光器装置及其制造方法，可以使外部微分量子效率降低较少，在高输出的工作状态下发光效率不易发生饱和，可稳定地进行基本横模式振荡的半导体激光器装置。尤其对红色和红外域半导体激光器装置及其制造方法等有用。

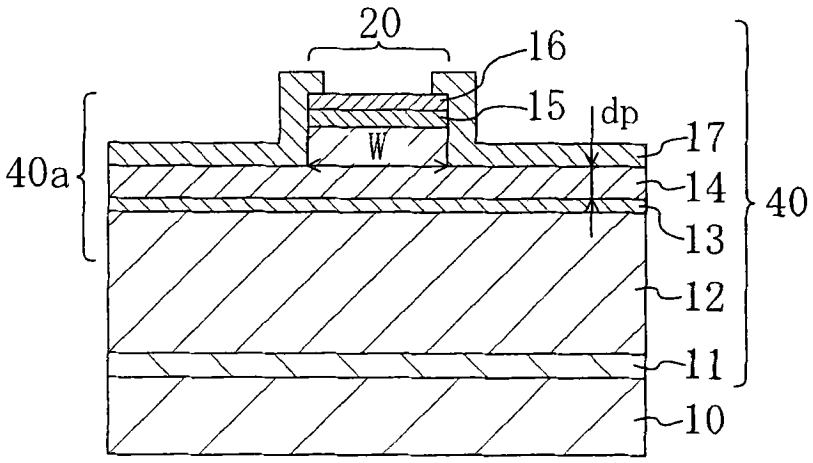


图 1

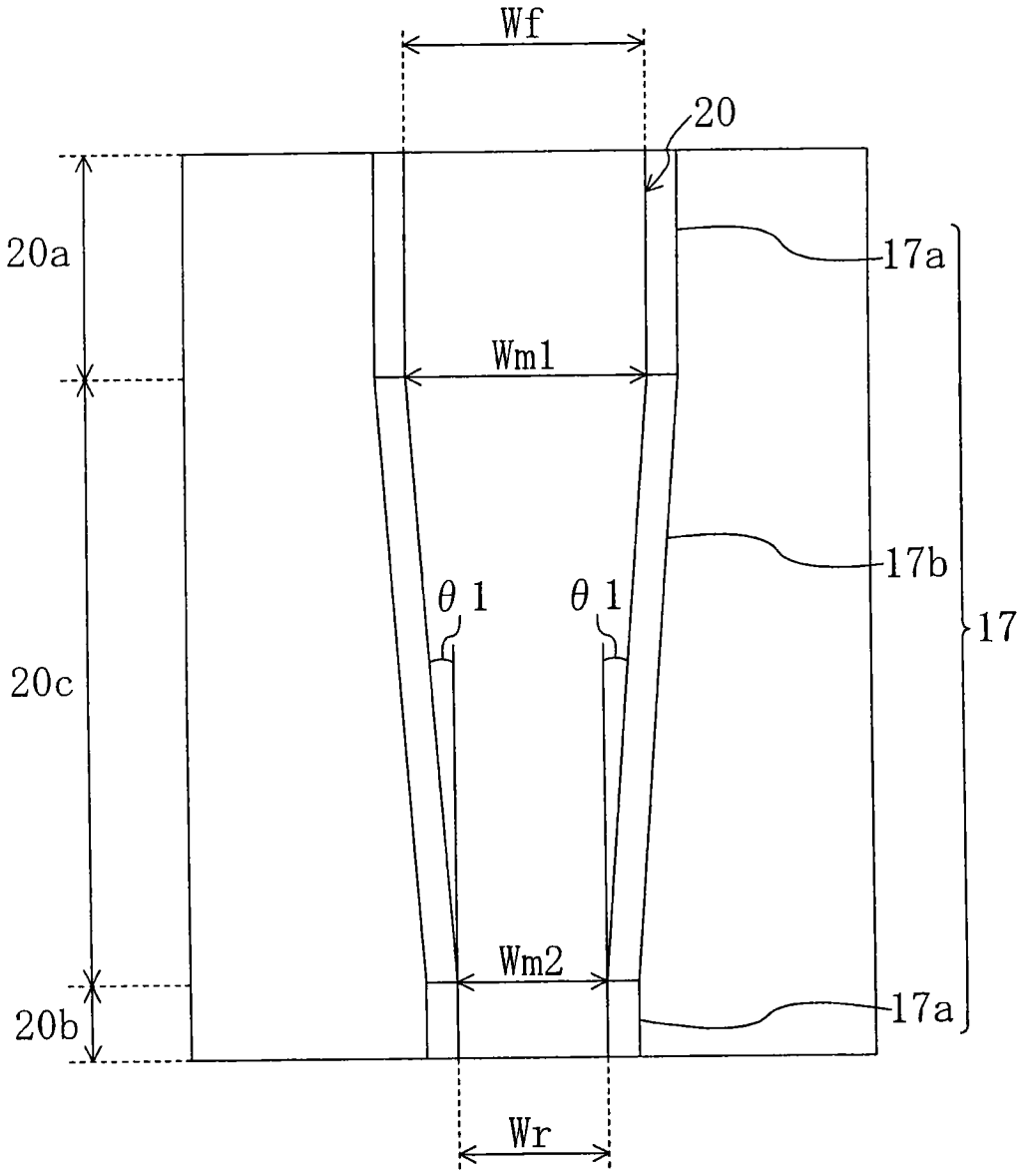


图 2

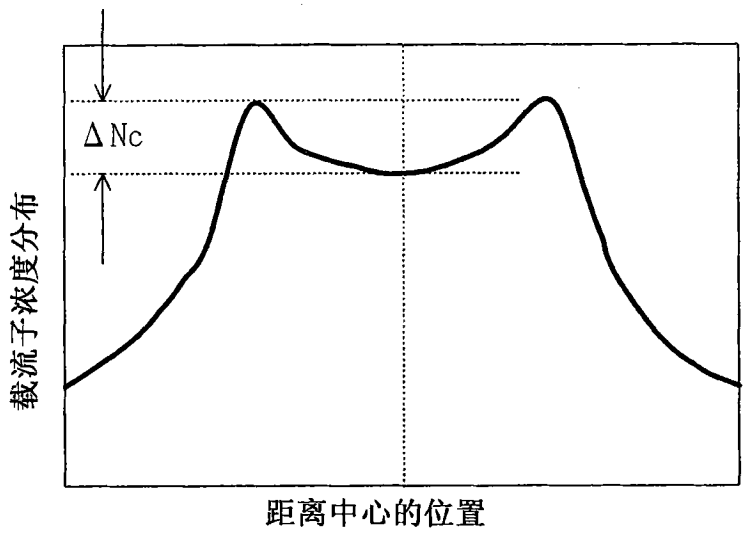


图 3

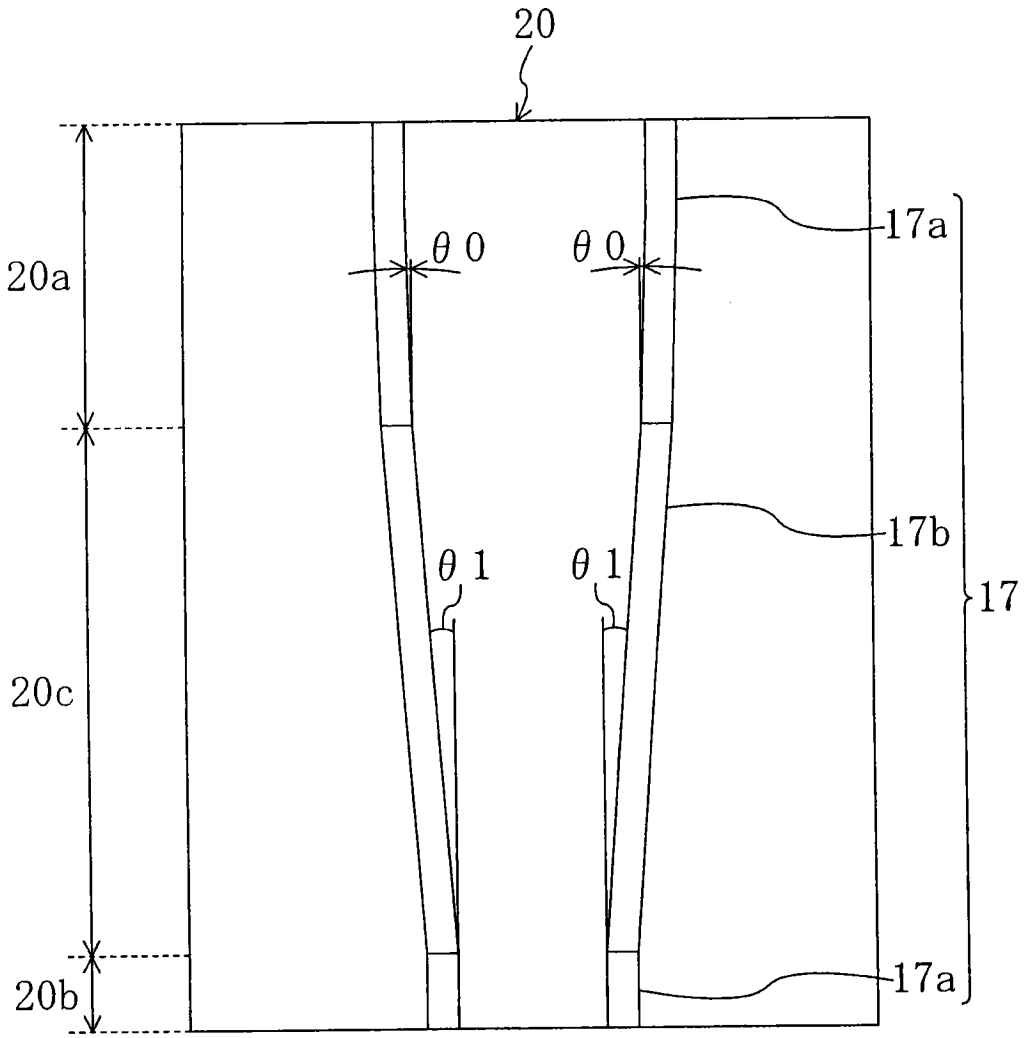


图 4

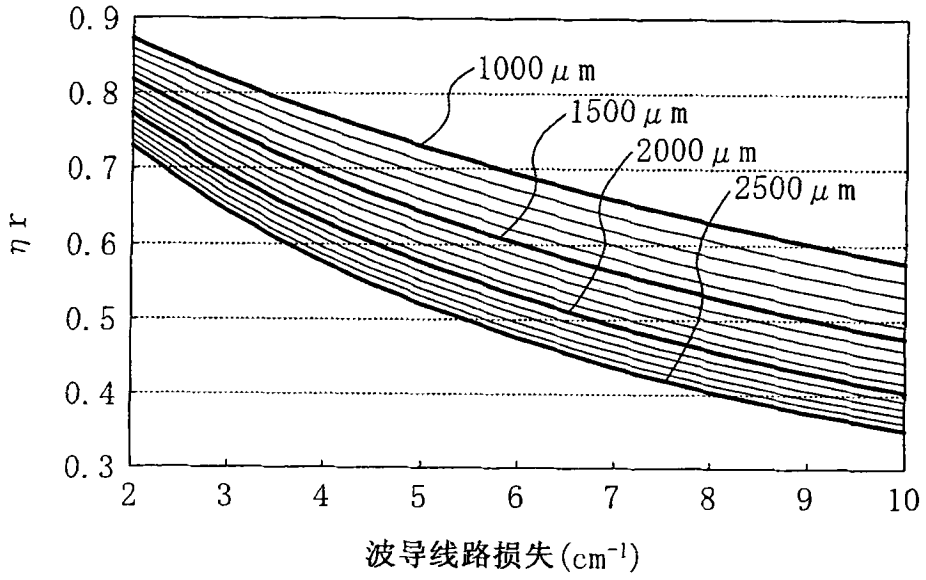

0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
ηr
1000μm
1500μm
2000μm
2500μm
2
3
4
5
6
7
8
9
10
波导线路损失(cm-1)

图 5

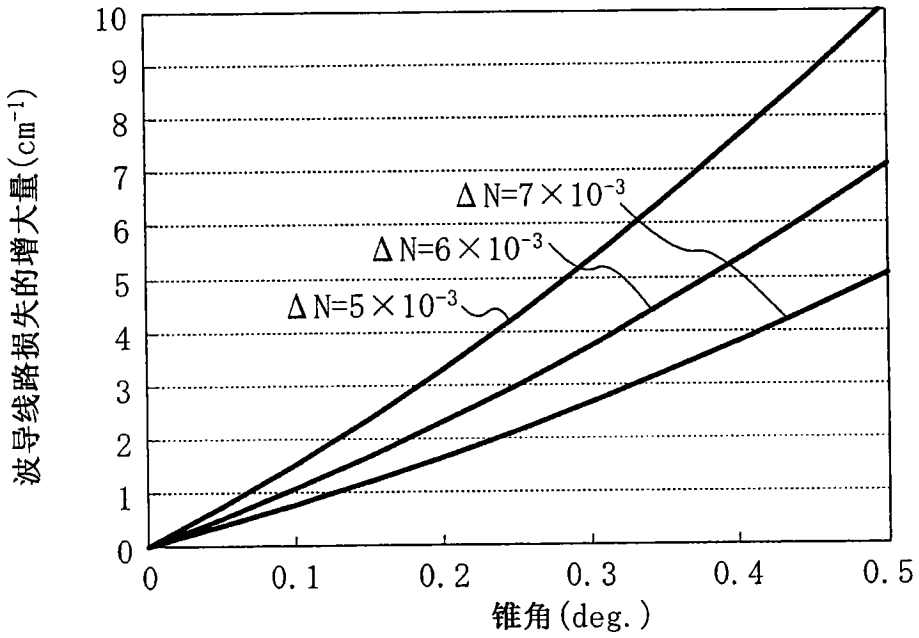

10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
波导线路损失的增大量(cm-1)
ΔN=7×10-3
ΔN=6×10-3
ΔN=5×10-3
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
锥角(deg.)

图 6

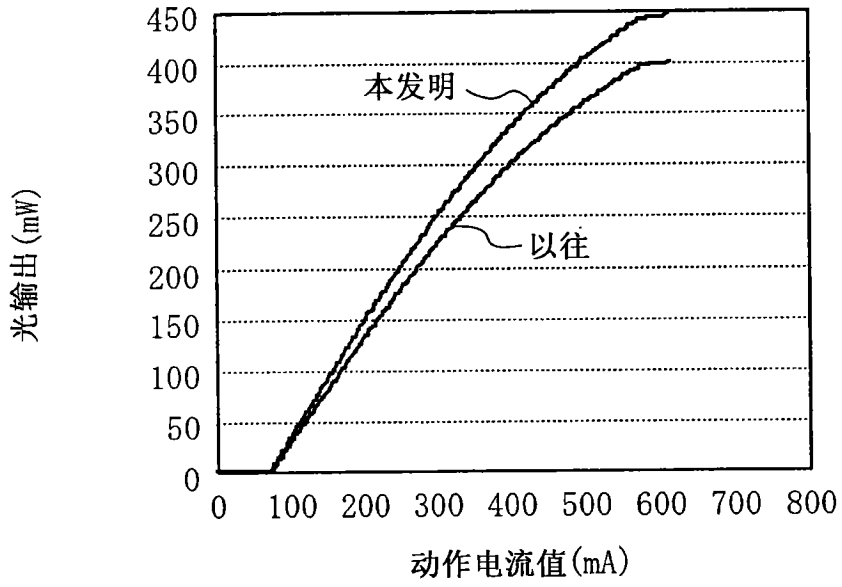

450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
本发明
以往
光输出(mW)
0 100 200 300 400 500 600 700 800
动作电流值(mA)

图 7

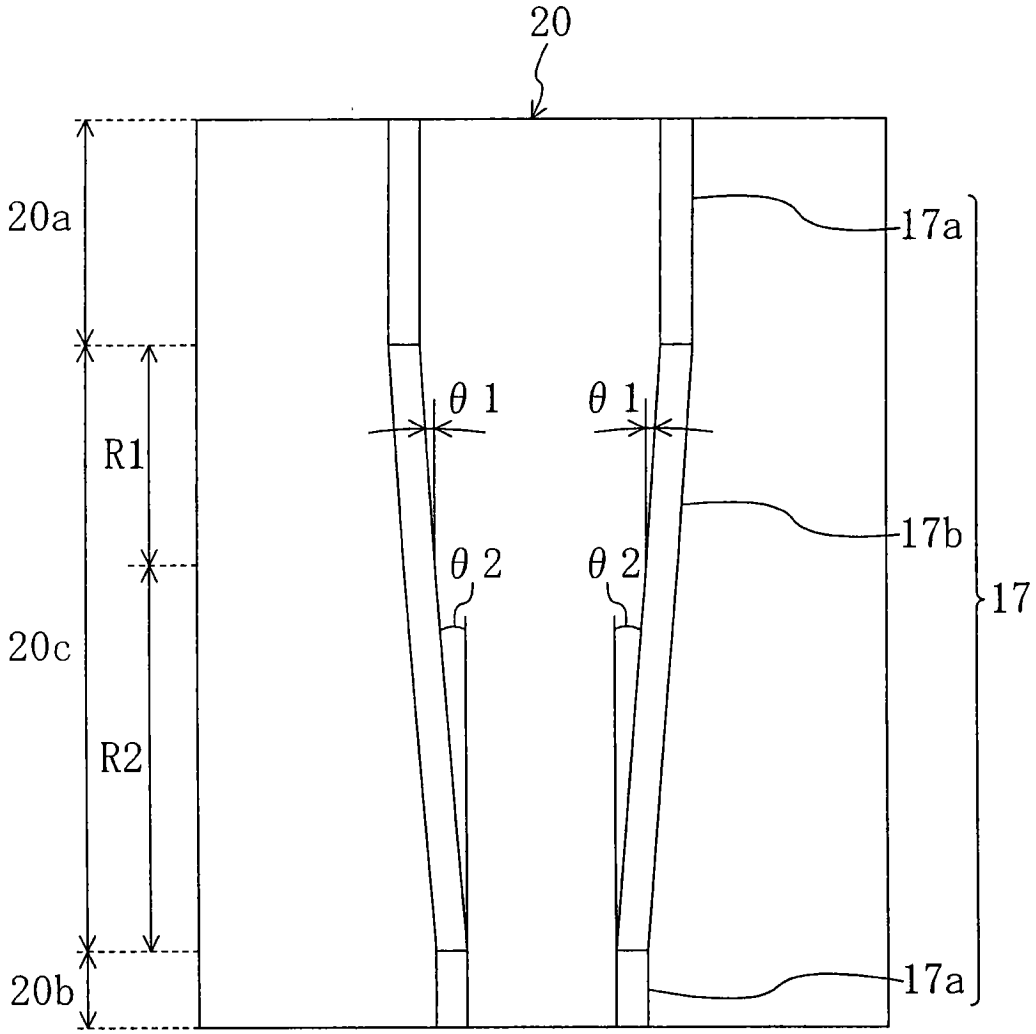


图 8

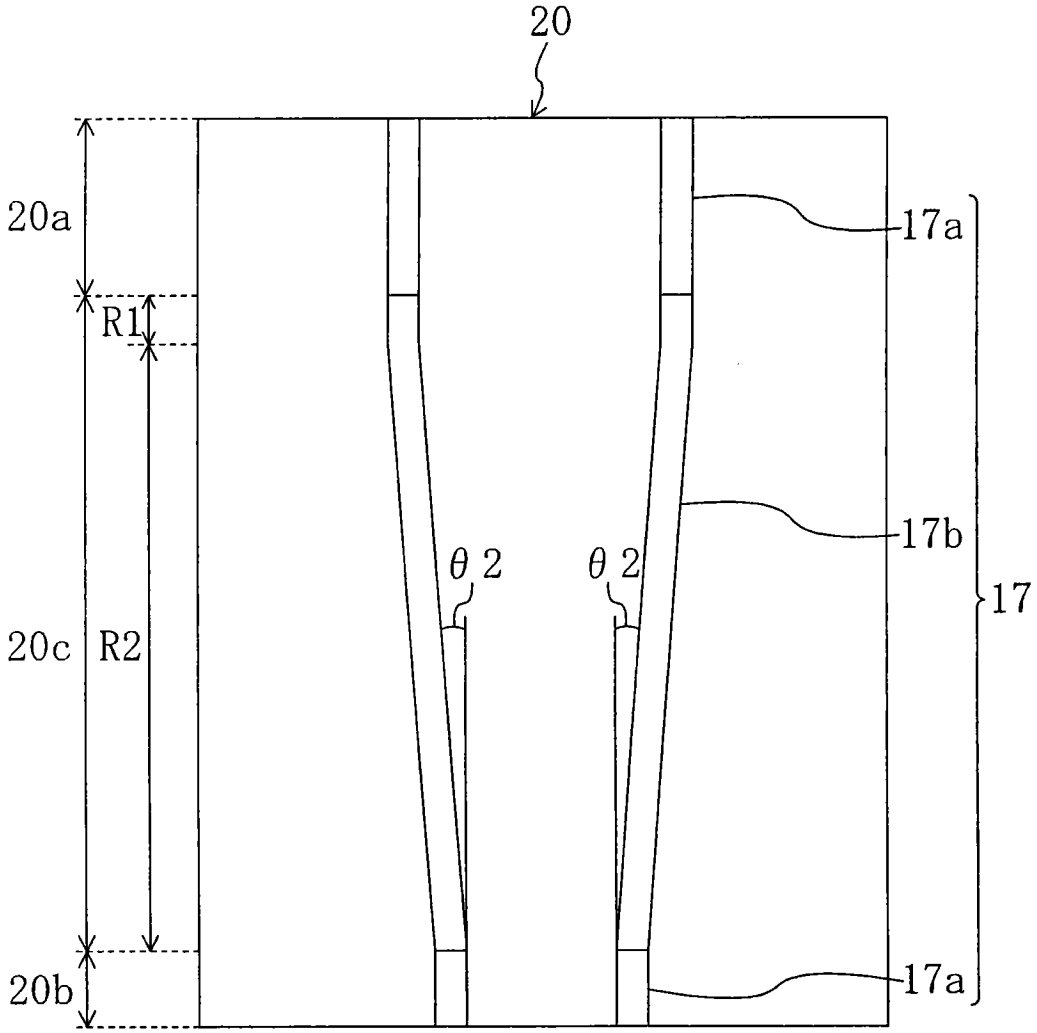


图 9

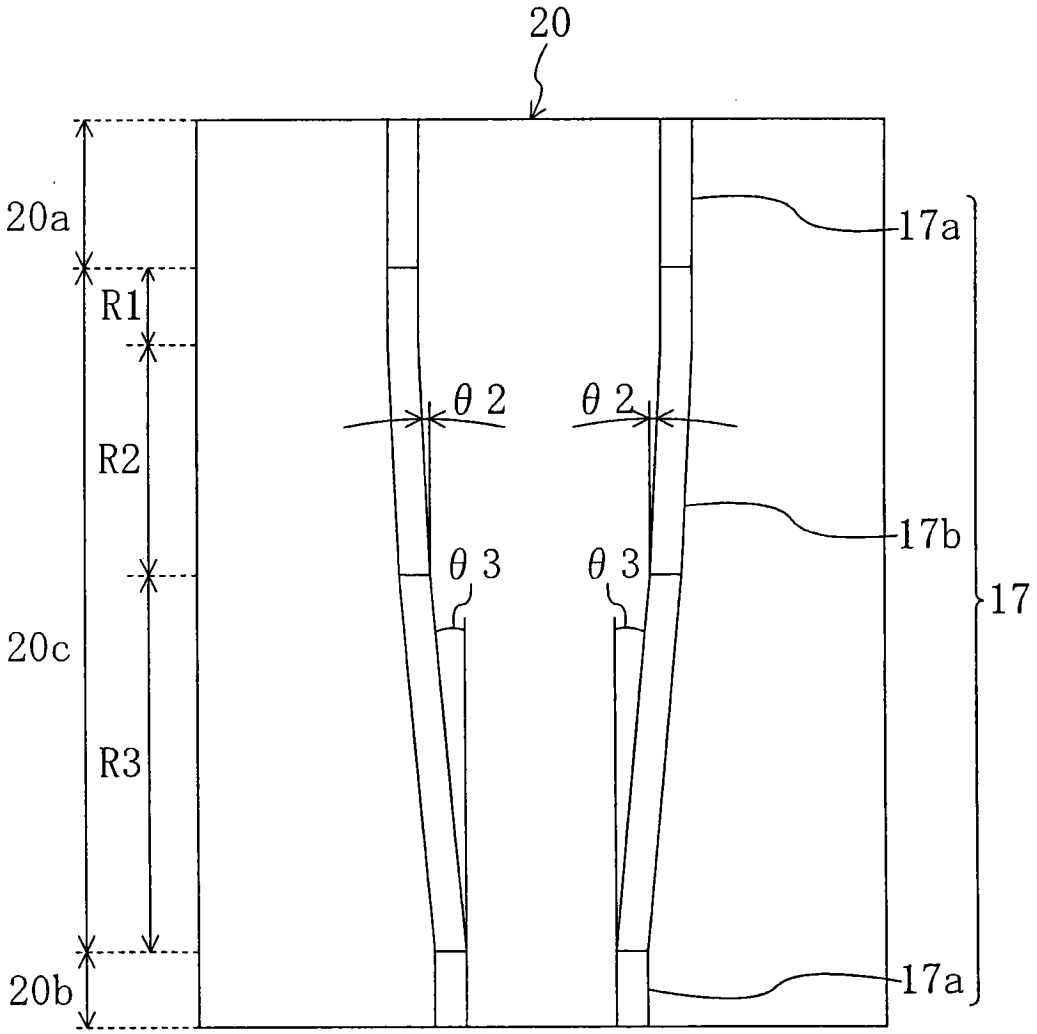


图 10

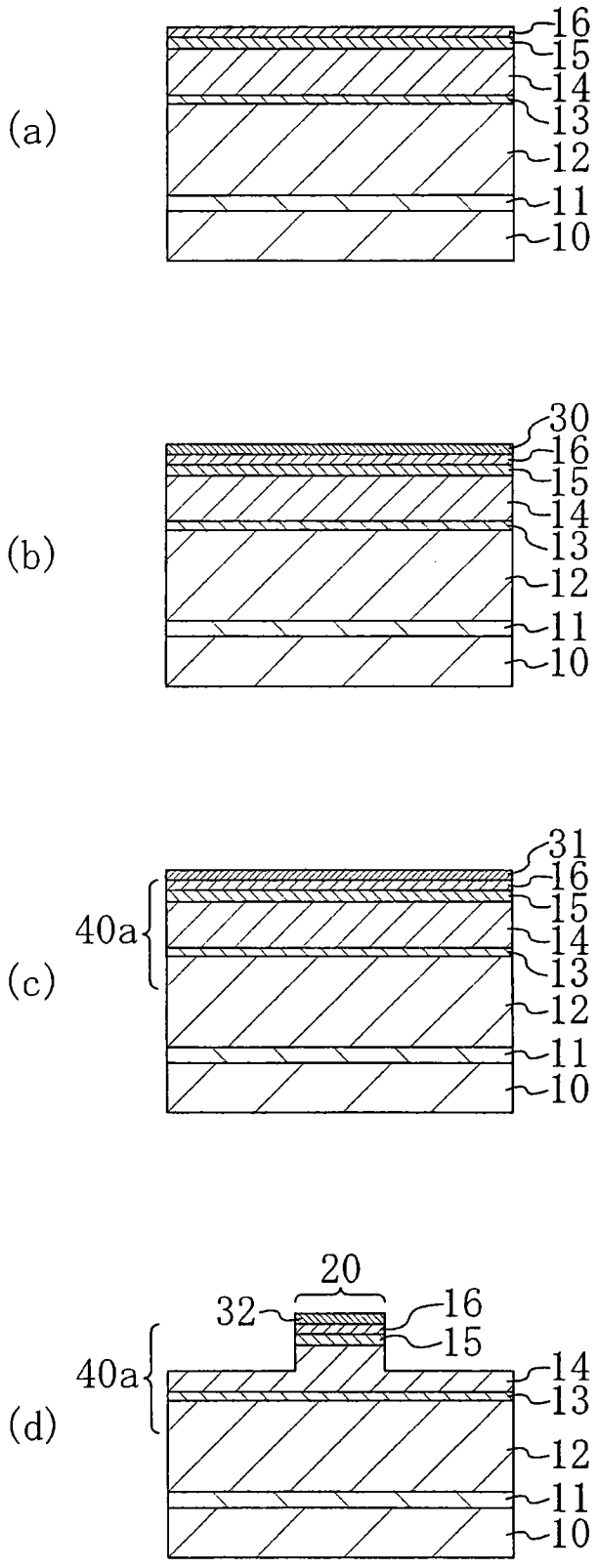

(a)
16
15
14
13
12
11
10
(b)
30
16
15
14
13
12
11
10
(c)
40a
31
16
15
14
13
12
11
10
(d)
40a
20
32
16
15
14
13
12
11
10

图 11

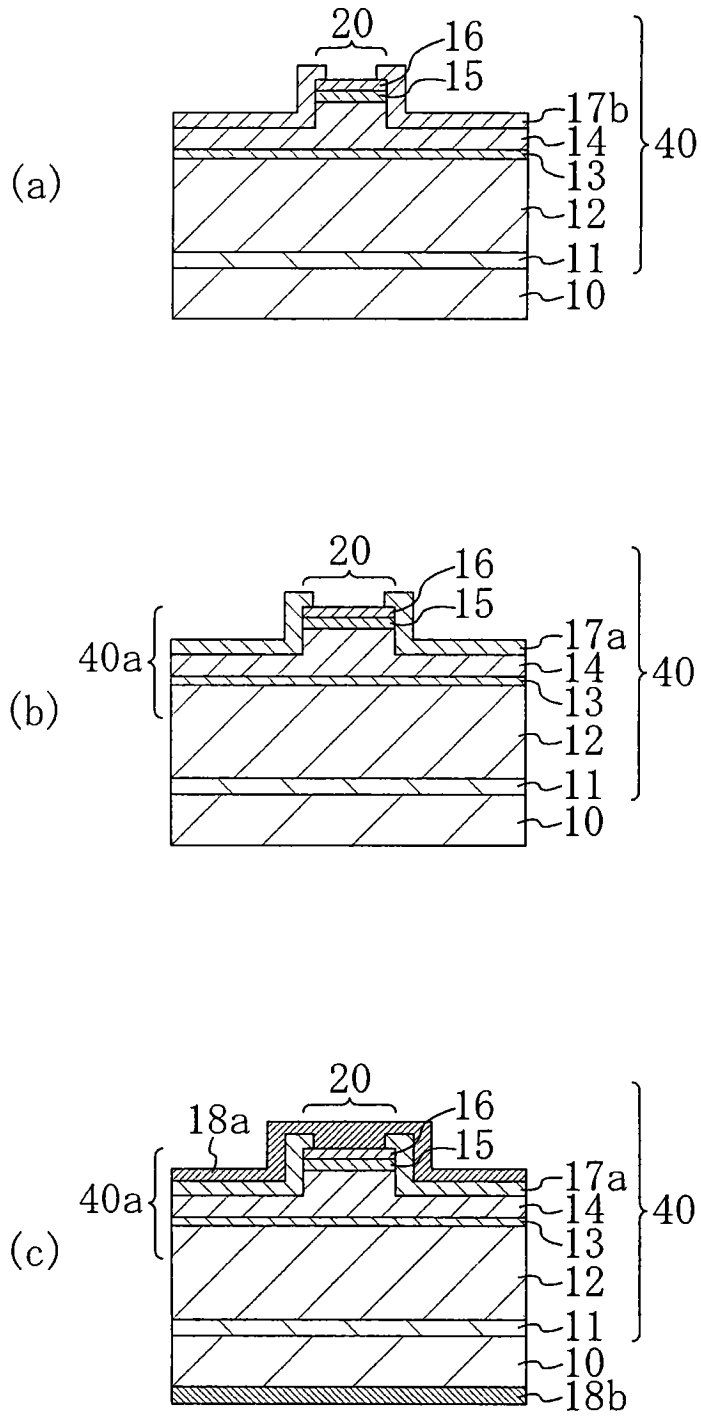

(a)
20
16
15
17b
14
13
12
11
10
40
(b)
20
16
15
40a
17a
14
13
12
11
10
40
(c)
20
18a
16
15
40a
17a
14
13
12
11
10
18b
40

图 12

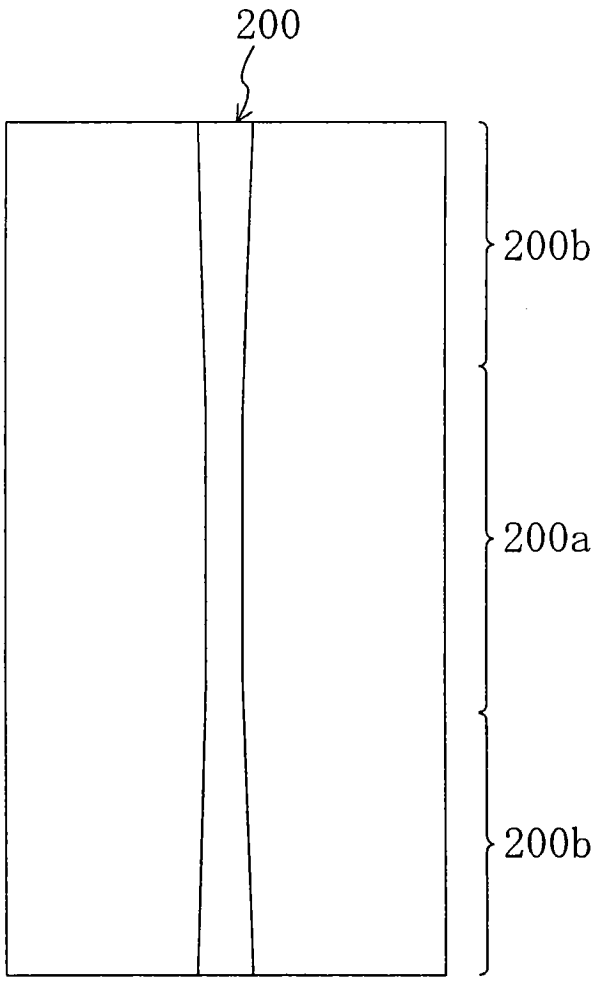


图 13