



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97117998.0

[43] 授权公告日 2003 年 4 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 1104765C

[22] 申请日 1997.8.29 [21] 申请号 97117998.0

[30] 优先权

[32] 1996. 8. 30 [33] JP [31] 249134/1996

[71] 专利权人 索尼株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 平田照二 内田史朗 岩本浩治

长崎洋树 东条刚

审查员 杨 哲

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

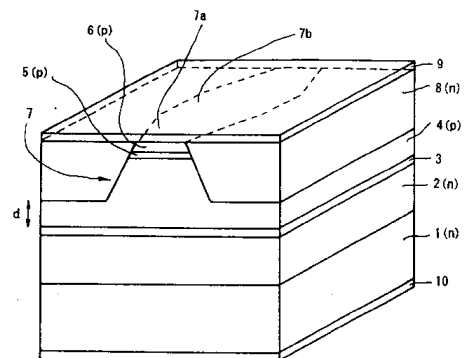
代理人 王永刚

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 5 页

[54] 发明名称 半导体激光器

[57] 摘要

AlGaInP 埋脊半导体激光器包括掩埋在脊形条部分 7 两侧的 n 型 GaAs 电流限制层 8, 该脊形条部分由 p 型 AlGaInP 覆盖层 4 的上层部分、p 型 GaInP 中间层 5 和 p 型 GaAs 接触层 6 构成。该脊形条部分 7 包括在脊形条部分 7 的腔长方向两端的、长度为 L_1 的锥形部分 7a。



1. 一种半导体激光器，包括：

第一导电类型的第一覆盖层；

在所述第一覆盖层上的有源层；

在所述有源层上的第二导电类型的第二覆盖层；

第二覆盖层上层部分的脊形条；及

第一导电类型的电流限制层，所述电流限制层邻近在所述第二覆盖层的条形部分的相对两侧形成，并掩埋于所述第二覆盖层上层部分构成的条形部分的相对两侧，所述条形部分包括在其腔长两端纵向的锥形区，所述锥形区的宽度从腔长中间部分向所述腔长两端减小。

2. 如权利要求 1 所述的半导体激光器，其特征为：所述条形部分在腔长方向的两端面的宽度不大于 $5\mu\text{m}$ ，在腔长方向的中间部分的宽度不大于 $7\mu\text{m}$ 。

3. 如权利要求 1 所述的半导体激光器，其特征为：在所述条形部分在两端的所述锥形区的总长度不小于腔长的 $1/10$ 。

4. 如权利要求 1 所述的半导体激光器，其特征为：所述半导体激光器为自脉冲半导体激光器。

5. 如权利要求 4 所述的半导体激光器，其特征为：在所述条形部分两侧，所述第二覆盖层的厚度为 300nm 到 800nm 。

6. 如权利要求 1 所述的半导体激光器，其特征为：所述半导体激光器为 AlGaInP 半导体激光器。

7. 如权利要求 1 所述的半导体激光器，其特征为：所述半导体激光器为 AlGaAs 半导体激光器。

8. 如权利要求 1 所述的半导体激光器，其特征为：所述半导体激光器由 II - VI 族化合物半导体制成。

9. 如权利要求 1 所述的半导体激光器，其特征为：所述半导体激光器为氮化物基 III - V 族化合物半导体制成。

10. 如权利要求 1 所述的半导体激光器，其特征为：所述半导体激光器为实折射率波导半导体激光器。

11. 如权利要求 10 所述的半导体激光器，其特征为：在所述条形部分两侧，所述第二覆盖层的厚度为 100nm 到 300nm。

12. 如权利要求 1 所述的半导体激光器，其特征为：所述半导体激光器为增益波导半导体激光器。

13. 如权利要求 12 所述的半导体激光器，其特征为：在所述条形部分两侧，所述第二覆盖层的厚度为 800nm 以上。

14. 如权利要求 1 所述的半导体激光器，其特征为：电流限制层对来自所述有源层的光有吸收作用。

半导体激光器

本发明一般涉及半导体激光器，更具体地，涉及能用作如光盘装置的光源的半导体激光器。

有稳定横模的已知半导体激光器是埋脊条结构的半导体激光器。图 10 是具有平直条形结构的常规 AlGaInP 埋脊半导体激光器的透视图。

如图 10 所示，在 GaAs 衬底 101 上先后堆叠 n 型 AlGaInP 覆盖层 102、GaInP 有源层 103、p 型 AlGaInP 覆盖层 104、p 型 GaInP 中间层 105 和 p 型 GaAs 接触层 106，以形成具有平直条形结构的 AlGaInP 埋脊半导体激光器。

p 型 AlGaInP 覆盖层 104 的上层部分、p 型 GaInP 中间层 105 和 p 型 GaAs 接触层 106 形成沿一个方向延伸的平直脊形条。数字 107 表示由 p 型 AlGaInP 覆盖层 104 的上层部分、p 型 GaInP 中间层 105 和 p 型 GaAs 接触层 106 所形成的脊形条部分。平直脊形条部分 107 沿腔长方向有均匀的宽度 W' 。脊形条部分 107 的宽度 W' 是指脊形条部分 107 的底部宽度。N 型 GaAs 电流限制层 108 掩埋在脊形条部分 107 的两侧，以形成电流限制结构。

该激光器包括：p 端电极 109，如形成在 p 型 GaAs 接触层 106 和 n 型 GaAs 电流限制层 108 上的 Ti/Pt/Au 电极；和 n 端电极 110，如形成在 n 型 GaAs 衬底 101 的底面上的 AuGe/Ni/Au 电极。

为了稳定横模，常规 AlGaInP 埋脊半导体激光器的脊形条部分 107 的宽度 W' 选择为 $5\mu\text{m}$ 以下。

另外，半导体激光器根据脊形条部分 107 两侧的 p 型 AlGaInP 覆盖层 104 的厚度 d' 来控制其波导机制。更具体地，当 p 型 AlGaInP 覆盖层 104 的厚度 d' 为 100 到 300nm 时，埋脊半导体激光器的波导机制为实折射率波导 (real index-guided)，当厚度 d' 为 300 到 500nm 时，介于实折射率波导性质与增益波导 (gain-guided) 性质之间，而当厚度 d' 为 500nm 以上时，则为增益波导机制。

当常规埋脊半导体激光器的波导机制为实折射率机制时，横模由在平行于结的方向的折射率台阶来限制。当为增益波导时，横模由注入载流子的分布引起的增益分布来限制。

众所周知，当波导机制在实折射率波导性质与增益波导性质之间时，出现自脉冲。此时，尽管横模由在平行结方向的折射率台阶来限制，但折射率台阶比实折射率波导结构中的台阶小，光沿平行于结的方向的延伸比实折射率波导结构中要大。由此，如图 11 所示，光限制区的宽度 W_0' 变得比 GaInP 有源层 103 中增益区的宽度 W_c' 要大。结果由于光限制区与增益区的差异，在脊形条部分 107 的两侧的 GaInP 有源层 103 中产生可饱和吸收体 111。

但是，具有平直条形结构的常规埋脊半导体激光器有下面的问题。具体地，为了保持稳定的横模，具有平直条形的脊形条部分 107 的宽度 W' 必须在 $5\mu\text{m}$ 以下。此时，由于 p 型 GaAs 接触层 106 和 p 端电极 109 的接触面积减少，电流通变窄，且微分电阻增加，这将增加半导体激光器的驱动电压。

当常规埋脊半导体激光器用作如光盘装置的光源时，必须能有效减小端面发射激光的光斑，并将远场图形的水平发散角 θ_{\parallel} 增加到约 8° 以上。为此，脊形条部分 107 的宽度 W' 必须很窄。但此时，GaInP 有源层 103 中的增益区变窄，光在高吸收系数区的分布变大。因此波导损耗增加，半导体激光器的驱动电流增加。重要的是，当常规埋脊半导体激光器具有实折射率波导结构时，容易减小发散角 θ_{\parallel} 。如果常规埋脊半导体激光器具有增益波导结构，激光的远场图形为双波瓣，这会在实际应用中产生问题。

当常规埋脊半导体激光器用作如光盘装置的光源时，为了降低噪声，必须对常规自脉冲埋脊半导体激光器进行有效结构设计。但是，此时，由于激光器结构参数（如脊形条部分 107 两侧的 P 型 AlGaInP 覆盖层 104 的厚度 d' ）的允许值的范围非常小，所以成品率很低，并很难实现自脉冲半导体层。另外，随着工作中温度和光输出的变化，由 GaInP 有源层 103 中的增益区和光限制区的差异所产生的可饱和吸收体 111 不稳定，所以自脉冲也不稳定。

因此本发明的目的是提供一种半导体激光器，该半导体激光器能降低驱

动电压、增加远场图形的水平发散角并改善远场形状，且能容易地构成稳定自脉冲半导体激光器。

根据本发明，提供一种半导体激光器，该半导体激光器包括：第一导电类型的第一覆盖层；第一覆盖层上的有源层；有源层上的第二导电类型的第二覆盖层；及对来自有源层的光有吸收作用的第一导电类型的电流限制层，该电流限制层掩埋在第二覆盖层的条形部分的两侧，以形成电流限制结构，其中条形部分在腔长方向的两端有锥形区，该锥形区的宽度从腔长方向的中间部分朝腔长方向的两端减小。

根据本发明的一个方案，半导体激光器为自脉冲型，条形部分两侧的第二覆盖层的厚度最好为 300 到 800nm。

根据上述结构的本发明，由于条形部分在腔长方向的两端有锥形区，且该锥形区的宽度从腔长方向的中间部分朝腔长方向的两端逐渐减小，所以即使为了保持稳定的横模而使两端的条形部分的宽度很窄，在中间部分的条形部分也可以保持足够的宽度。因此，条形部分可以与电极有很大的接触面积，有望获得宽电流通路，并降低微分电阻，由此降低半导体激光器的驱动电压。

由于条形部分在腔长两端的锥形区导致的波面变形效应（wave surface shaping effect），远场图形的水平发散角可以增加至约 8° 以上。因此半导体激光器不需使条的宽度变窄来增加远场图形的水平发散角，它能容易地改变远场图形。另外，由于波面变形效应，在波导机制为增益波导时，远场图形为单波瓣。

由于改变了在腔长方向的剖面结构，当半导体激光器为自脉冲激光器时，沿条形部分的锥形区的部分有源层表现为可饱和吸收体。因此，与利用常规埋脊半导体激光器的自脉冲激光器相比，可饱和吸收体稳定，且自脉冲稳定。另外，由于条形部分两端的第二覆盖层的厚度的允许范围可以增至 300 至 800nm，以实现自脉冲半导体激光器，所以自脉冲半导体激光器的成品率得到改善，并且可以容易地得到自脉冲半导体激光器。

图 1 是根据本发明第一实施例的 AlGaInP 埋脊半导体激光器的透视图；
图 2 是根据本发明第一实施例的 AlGaInP 埋脊半导体激光器的平面图；
图 3 是说明根据本发明第一实施例的 AlGaInP 埋脊半导体激光器的特性

的剖面图；

图 4 是说明根据本发明第一实施例的 AlGaInP 埋脊半导体激光器的特性的剖面图；

图 5 是根据本发明第二实施例的 AlGaAs 埋脊半导体激光器的剖面图；

图 6 是根据本发明第三实施例的 II - VI 族化合物半导体埋脊半导体激光器的剖面图；

图 7 是根据本发明第三实施例的 II - VI 族化合物半导体埋脊半导体激光器的能带图；

图 8 是根据本发明第四实施例的使用氮化物 III - V 族化合物半导体的埋脊半导体激光器的剖面图；

图 9 是根据本发明第四实施例的使用氮化物 III - V 族化合物半导体的埋脊半导体激光器的能带图；

图 10 是常规 AlGaInP 埋脊半导体激光器的透视图；

图 11 是说明常规 AlGaInP 埋脊半导体激光器的特性的剖面图。

下面参照附图说明本发明的实施例。在所有实施例的图中，用相同的参考数字表示相同或相似的部分。

图 1 和图 2 表示本发明第一实施例的 AlGaInP 埋脊半导体激光器。图 1 是透视图，图 2 为平面图。

如图 1 和图 2 所示，AlGaInP 埋脊半导体激光器包括 n 型 GaAs 衬底 1，其上依次叠置有 n 型 AlGaInP 覆盖层 2，例如 $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ ，GaInP 有源层 3，例如 $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ ，p 型 AlGaInP 覆盖层 4，例如 $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ ，p 型 GaInP 中间层 5，例如 $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ ，和 p 型 GaAs 接触层 6。

p 型 AlGaInP 覆盖层 4 的上层部分、p 型 GaInP 中间层 5、和 p 型 GaAs 接触层 6 构成沿一个方向延伸的脊形条。数字 7 表示包括 p 型 AlGaInP 4 的上层部分的脊形条。p 型 GaInP 中间层 5 和 p 型 GaAs 接触层 6 形成在 AlGaInP 4 的脊形上。在脊形条部分 7 的两侧掩埋 N 型 GaAs 电流限制层 8，以形成电流限制结构。

该激光器包括 p 端电极 9，如形成在 p 型 GaAs 接触层 6 和 n 型 GaAs 电流限制层 8 上的 Ti/Pt/Au 电极。形成在 n 型 GaAs 衬底 1 的底面上的是 n 端电极 10，如 AuGe/Ni/Au 电极。

在 AlGaInP 埋脊半导体激光器中, 脊形条部分 7 在腔长方向的两端部有锥形区 7a。每个锥形区 7a 的宽度沿腔长方向从中间部分到端面部分连续减小。脊形条部分 7 还包括沿腔长方向的在中间部分的平直区 7b, 它具有恒定宽度。此时, 脊形条部分 7 在腔长端部的锥形区 7a 有基本相同的长度 L_1 , 两个锥形区 7a 的总长度 $2L_1$ 不小于腔长 L 的十分之一, 即 $2L_1 \geq L/10$ 。 L_2 是平直区 7b 的长度。

W_1 是脊形条部分 7 在腔长方向两端面的宽度, W_2 是脊形条部分 7 在腔长中间部分的宽度。宽度 W_1 和 W_2 是指在腔长端面和腔长中间处脊形条部分 7 的底部的宽度。脊形条部分 7 在腔长端面的宽度 W_1 和在腔长中间的宽度 W_2 的确定应该满足 $W_1 < W_2$, $W_1 \leq 5\mu\text{m}$ 且 $W_2 \leq 7\mu\text{m}$ 。

埋脊半导体激光器的激光器结构参数的例子为: 腔长 $L = 400\mu\text{m}$, 脊形条部分 7 的每个锥形区 7a 的长度 $L_1 = 100\mu\text{m}$, 脊形条部分 7 的平直区 7b 的长度 $L_2 = 200\mu\text{m}$, 脊形条部分 7 在每个腔长端面的宽度 $W_1 = 4\mu\text{m}$, 脊形条部分 7 在腔长中间部分的宽度 $W_2 = 6\mu\text{m}$ 。

在具有上述结构的埋脊半导体激光器中, 当脊形条部分 7 在腔长各端面的宽度 W_1 不大于约 $5\mu\text{m}$ (此处为 $4\mu\text{m}$) 时, 可以有稳定的横模。

而且, 在该埋脊半导体激光器中, 根据脊形条部分 7 两侧的 p 型 AlGaInP 覆盖层 4 的厚度来控制光波导机制。具体地, 当脊形条部分 7 两侧的 p 型 AlGaInP 覆盖层 4 的厚度 d 为 100 到 300nm 时, 掩埋脊形条半导体激光器的波导机制为实折射率波导, 当厚度 d 为 300 到 800nm 时, 介于实折射率波导性质与增益波导性质之间, 而当厚度 d 为 800nm 以上时, 则为增益波导机制。众所周知, 当激光器介于实折射率波导性质与增益波导性质之间时, 可以得到自脉冲半导体激光器。因此通过改变脊形条部分 7 两侧的 p 型 AlGaInP 覆盖层 4 的厚度, 埋脊半导体激光器可以实现实折射率波导半导体激光器、自脉冲半导体激光器、及增益波导半导体激光器。图 3 和图 4 是说明这种埋脊半导体激光器的特性的剖面图。图 3 表示的是波导机制为实折射率结构或增益结构的半导体激光器, 而图 4 表示的是波导机制介于实折射率波导性质和增益波导性质之间的半导体激光器。

在埋脊半导体激光器的波导机制为实折射率波导时, 横模由在平行于结的方向的折射率台阶来限制。当为增益波导时, 横模由注入载流子的分布

引起的增益分布来限制。在这两种情况下，如图 3 所示，光限制区的宽度 W_0 小于 GaInP 有源层 3 中增益区的宽度 W_0 。

当波导机制介于实折射率波导与增益波导结构之间时，横模由在平行于结的方向的折射率台阶来限制。但由于折射率台阶比实折射率波导结构中的台阶小，所以光沿平行于结的方向的延伸比实折射率波导结构中要大。此时，如图 4 所示，光限制区的宽度 W_0 比 GaInP 有源层 3 中增益区的宽度 W_0 要大。GaInP 有源层 3 的增益区外的部分光限制区形成为可饱和吸收体 11。表现为该可饱和吸收体 11 的部分对应于图 2 中虚线所包围的部分，即脊形条部分 7 的锥形区 7a 的外围部分。这是因为脊形条部分 7 的锥形区 7a 在腔长方向的剖面结构不同所致。此时，因为可饱和吸收体 11 为内建固定结构，所以很稳定。

埋脊半导体激光器有下面优点。即，由于脊形条部分 7 在腔长两端部有锥形区 7a，且腔长中间部分的宽度 W_2 大于腔长两端部分的宽度 W_1 ，所以腔长中间部分的宽度 W_2 可以很大，以确保 p 型 GaAs 接触层 6 与 p 端电极 9 中间的接触面积很大，同时让腔长端面部分的宽度 W_1 小到约 $5\mu\text{m}$ ，以保持横模的稳定。因此，加大了电流通路，降低了微分电阻。因而，可以减小驱动电压。

而且，由于脊形条部分 7 的锥形区 7a 的波面变形效应，发射端面的激光斑点可以变小，激光远场图形的水平发散角 θ_{\parallel} 可以增加至约 8° 以上。因此在该实施例中，不需过分减小腔长端面处脊形条部分 7 的宽度 W_1 来增加发散角 θ_{\parallel} ，可以防止其它情况下不可避免的波导损耗所致的驱动电流的增加。因而，可以容易地改变激光的远场图形。当埋脊半导体激光器的波导机制为实折射率波导结构时，其水平发散角 θ_{\parallel} 容易减小，这种效应就更显著。

当埋脊半导体激光器的波导机制为增益波导时，由于脊形条部分 7 的锥形区 7a 的波面变形效应，沿腔长方向在半导体激光器中行进的光更接近平面波。从而导致了激光的远场图形改变为单波瓣的效果。因此当埋脊半导体激光器为增益波导时，可以防止实际应用中的问题。

当埋脊半导体激光器的波导机制介于实折射率波导与增益波导结构之间时，由于脊形条部分 7 的锥形区 7a 外的部分 GaInP 有源层 3 形成固定的

可饱和吸收体 111，所以，与常规埋脊半导体激光器中的可饱和吸收体 111 相比，该区在温度和光输出改变时仍工作稳定，而常规的可饱和吸收体 111 由 GaInP 有源层 103 中的增益区与光限制区的差异形成，因而不稳定。另外，由于脊形条部分 7 两侧的 p 型 AlGaInP 覆盖层 4 的厚度允许范围增加到 300 至 800nm，所以可以容易地实现自脉冲半导体激光器。

因此，当具有锥形条形结构的 AlGaInP 埋脊半导体激光器用作如光盘装置的光源时，可以增加远场图形的水平发散角 θ //、改变远场形状并降低噪声，由此得到优良的性能。

下面说明本发明的第二实施例。图 5 是第二实施例的 AlGaAs 埋脊半导体激光器的剖面图。

如图 5 所示，在 AlGaAs 埋脊半导体激光器中，在如 n 型 GaAs 衬底（未示出）的半导体衬底上依次堆叠 n 型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 覆盖层 21、 $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{As}$ 有源层 22、p 型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 覆盖层 23 和 p 型 GaAs 接触层 24。p 型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 覆盖层 23 的上层部分和 p 型 GaAs 接触层 24 形成沿一个方向延伸的脊形条。数字 25 表示包括 p 型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 覆盖层 23 的上层部分的脊形条部分。p 型 GaAs 层 24 形成在覆盖层 23 的脊形条上。脊形条部分 25 在腔长两端有锥形区，与图 1 和图 2 所示的第一实施例的埋脊半导体激光器中的脊形条部分 7 一样。在脊形条部分 25 两侧掩埋 n 型 GaAs 电流限制层 26，以形成电流限制结构。此时该实施例的半导体激光器为自脉冲型，在条形部分两侧的 p 型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 覆盖层 23 的厚度为 300 到 800nm。同样，AlGaAs 埋脊半导体激光器可以实现与第一实施例一样的效果。

下面说明本发明的第三实施例。图 6 是第三实施例的 II - VI 族化合物半导体埋脊半导体激光器的剖面图。埋脊半导体激光器具有分别限制异质结构（SCH）。图 7 是该埋脊半导体激光器的能带图，具体示出了其导带。图 7 中， E_c 表示导带底部能量。

如图 6 和图 7 所示，在 II - VI 族化合物埋脊半导体激光器中，在如 n 型 GaAs（未示出）的衬底上依次堆叠 n 型 ZnMgSSe 覆盖层 31、n 型 ZnSSe 光波导层 32、具有包括 ZnCdSe 阱层 33a 和 ZnSSe 势垒层 33b 的多量子阱结构的有源层 33、p 型 ZnSSe 光波导层 34 和 p 型 ZnMgSSe 覆盖层 35。p 型 ZnMgSSe 覆盖层 35 的上层部分形成沿一个方向延伸的脊形条。数字 36 表示

由 p 型 ZnMgSSe 覆盖层 35 的上层部分构成的脊形条部分。脊形条部分 36 在腔长两端有锥形区，与图 1 和图 2 所示的第一实施例的埋脊半导体激光器中的脊形条部分 7 一样。在脊形条部分 36 的两侧掩埋 n 型多晶硅 (Si) 电流限制层 37，以形成电流限制结构。此时该实施例的半导体激光器为自脉冲型，在条形部分两侧的 p 型 ZnMgSSe 覆盖层 35 的厚度 d 为 300 到 800nm，该厚度包括光波导层 34 的厚度。根据第三实施例的能发射兰光的 II - VI 族化合物半导体激光器可以实现与第一实施例一样的效果。

下面说明本发明的第四实施例。图 8 是根据本发明第四实施例的使用氮化物 III - V 族化合物半导体的埋脊半导体激光器的剖面图；该埋脊半导体激光器具有 SCH 结构。图 9 是该埋脊半导体激光器的能带图，具体示出了其导带。图 9 中， E_c 表示导带底的能量。

如图 8 和图 9 所示，在使用氮化物 III - V 族化合物半导体的埋脊半导体激光器中，在如兰宝石(未示出)的衬底上依次堆叠 n 型 AlGaIn 覆盖层 41、n 型 GaN 光波导层 42、具有包括 GaInN 阱层 43a 和 GaN 势垒层 43b 的多量子阱结构的有源层 43、p 型 GaN 光波导层 44 和 p 型 AlGaIn 覆盖层 45。p 型 AlGaIn 覆盖层 45 的上层部分形式为沿一个方向延伸的脊形条。数字 46 表示由 p 型 AlGaIn 覆盖层 45 的上层部分构成的脊形条部分。脊形条部分 46 在腔长两端有锥形区，与图 1 和图 2 所示的第一实施例的埋脊半导体激光器中的脊形条部分 7 一样。在脊形条部分 46 的两侧掩埋 N 型多晶硅 (Si) 电流限制层 47 以形成电流限制结构。此时该实施例的半导体激光器为自脉冲型，在条形部分两侧的 p 型 AlGaIn 覆盖层 45 的厚度 d 为 300 到 800nm，该厚度包括光波导层的厚度。根据第四实施例的半导体激光器使用氮化物 III - V 族化合物半导体，该半导体激光器发射兰光，可以实现与第一实施例一样的效果。

尽管通过实施例说明了本发明，但本发明并不限于这些实施例，在本发明的精神实质和范围可以有很多变形和修改。例如，实施例中的数值、材料、结构等仅仅为一些例子，但并不限于这些例子。例如，在上述第一实施例中，脊形条部分 7 在腔长方向两端面处的锥形区 7a 长度不必相同，也可以有不同长度。另外，脊形条部分 7 在腔长中间的平直区 7b 的长度 L_2 可以为 0，这样脊形条部分 7 只包括锥形区 7a。

如上所述,根据本发明,由于条形部分包括其宽度从腔长中间朝腔长端面逐渐减小的锥形区,所以可以降低驱动电压、增加其远场图形的水平发散角、改变远场图形形状。同时,本发明可以实现容易用作稳定自脉冲半导体激光器的半导体激光器。

可以对本发明进行大量细节上的变形、修改和改变。但整个说明书和附图仅仅是为了说明本发明。因此,本发明只限于所附属权利要求书所限定的精神和范围。

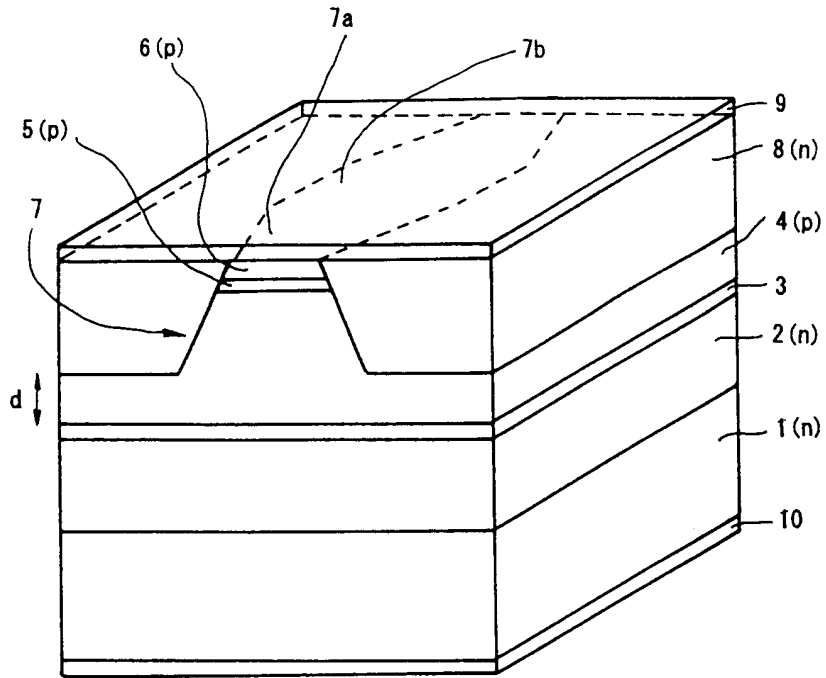


图 1

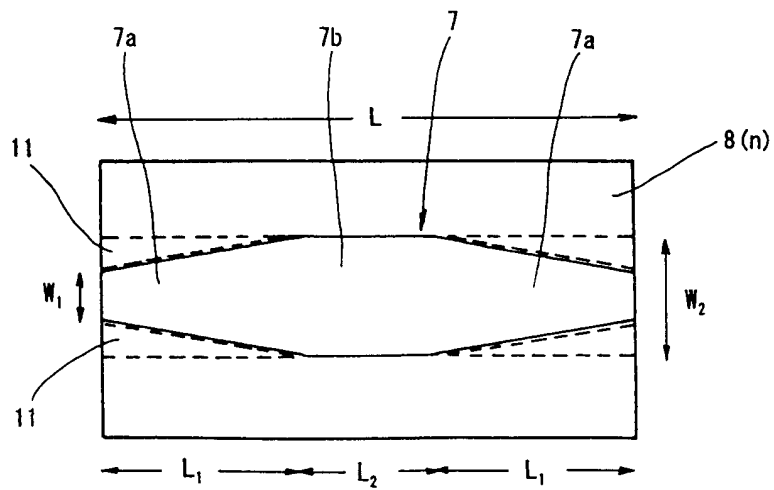


图 2

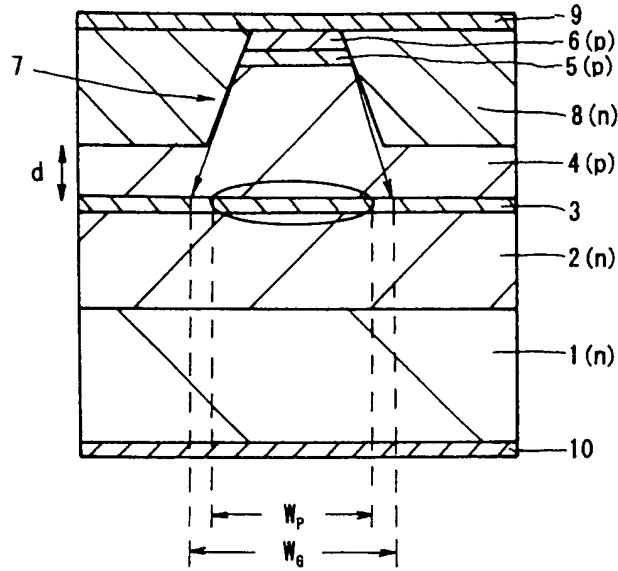


图 3

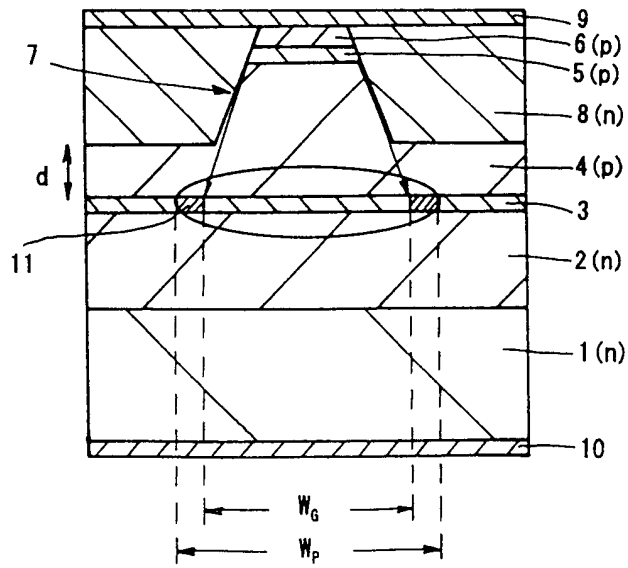


图 4

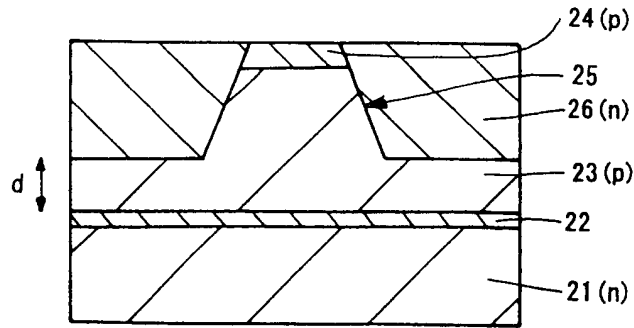


图 5

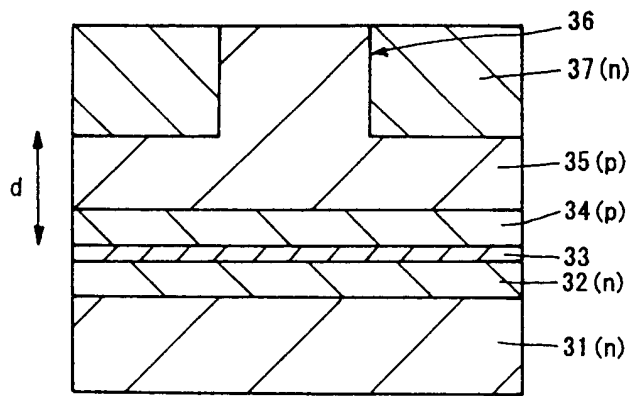


图 6

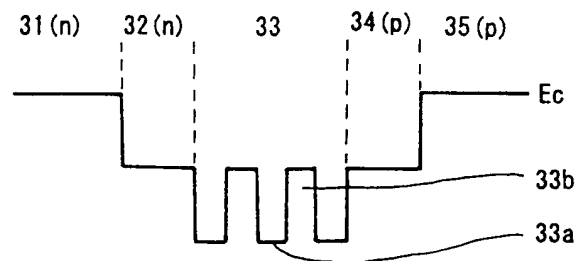


图 7

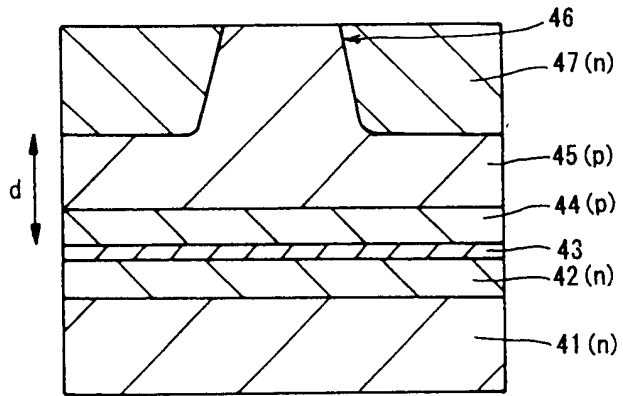


图 8

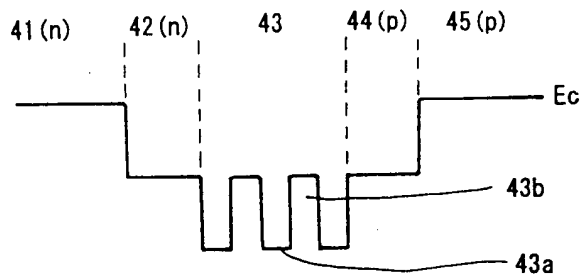


图 9

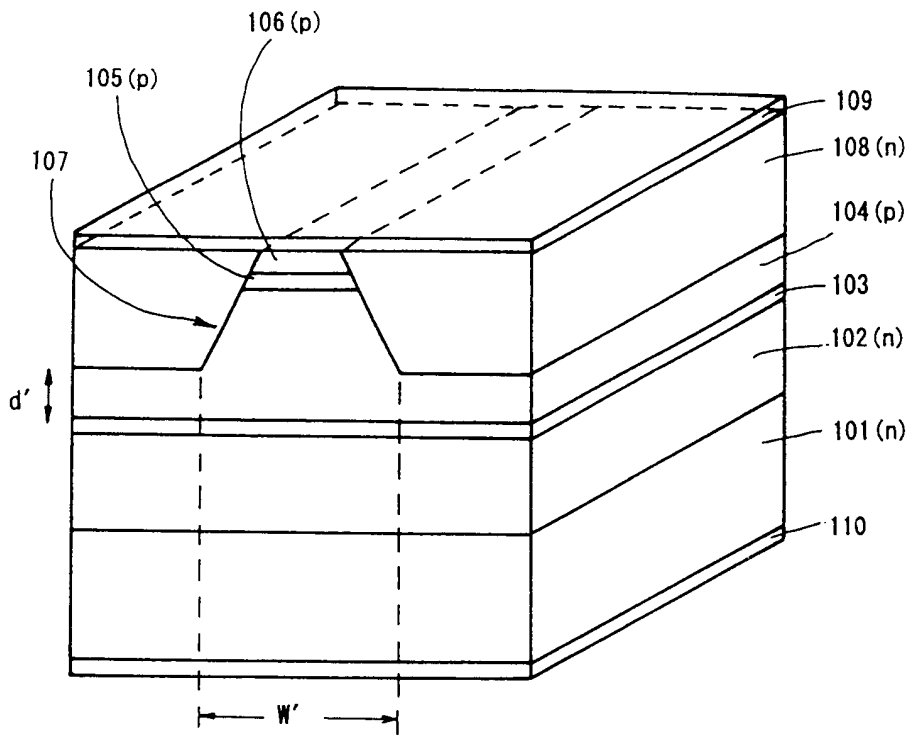


图 10

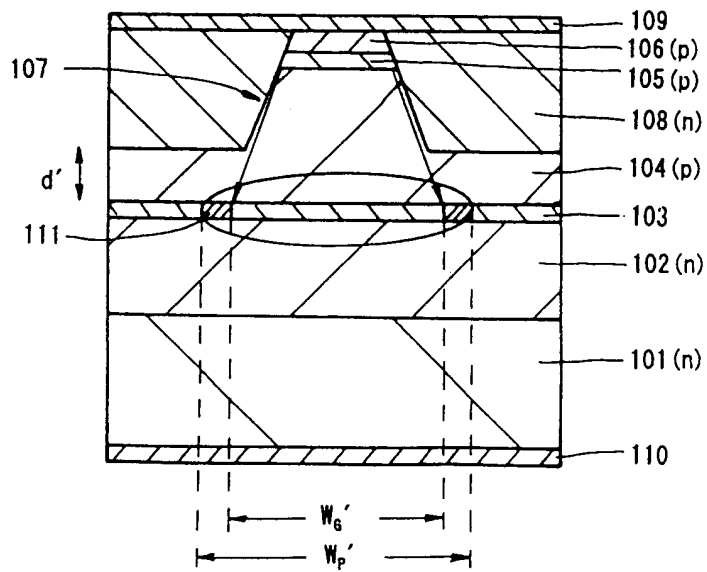


图 11