[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
H01S 5/00
H01S 5/32

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 00105394.9

[43]公开日 2000年9月13日

[11]公开号 CN 1266299A

[22]申请日 2000.3.3 [21]申请号 00105394.9

[30]优先权

[32]1999.3.3 [33]JP [31]55021/1999

[71]申请人 松下电子工业株式会社

地址 日本大阪府

[72]发明人 福久敏哉 万浓正也 吉川昭男

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

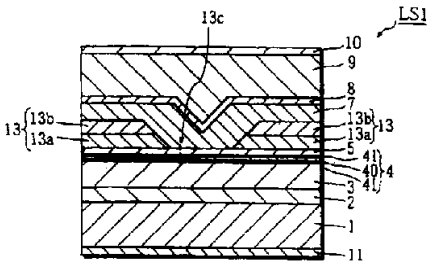
代理人 张志醒

权利要求书6页 说明书17页 附图页数5页

[54]发明名称 半导体激光器及其制造方法

[57]摘要

一种半导体激光器,包括:具有n-型传导性的n-型覆层、形成在n-型覆层的顶部的活性层、形成在活性层的顶部并具有p-型传导性的p-型覆层基底层、形成在p-型覆层基底层的上表面的特定部分上并基本上具有n-型传导性的电流阻挡层,以及具有p-型传导性的p-型掩埋覆层,形成该p-型掩埋覆层以覆盖电流阻挡层并接触p-型覆层基底层的上表面的其余部分。电流阻挡层具有至少两个有不同的n-型载流子浓度的区域。



ISSN1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种半导体激光器，包括:

一个具有n－型传导性的n－型覆层;

一个形成在所述n－型覆层的顶部的活性层;

一个形成在所述活性层的顶部并具有 p－型传导性的 p－型覆层基底层;

一个形成在所述 p－型覆层基底层的上表面的特定部分上并基本上具有n－型传导性的电流阻挡层; 和

一个具有 p－型传导性的 p－型掩埋覆层，形成该 p－型掩埋覆层以覆盖所述电流阻挡层并接触所述p－型覆层基底层的上表面的其余部分，

其中，所述电流阻挡层具有至少两个区域，这两个区域具有不同的 n－型载流子浓度(此后称“N1”和“N2”，其中 N1<N2)，在所述 p－型覆层基底层和所述 p－型掩埋覆层之间的交界面附近的一个区域具有 n－型载流子浓度为N1，所述电流阻挡层的其余区域的一部分或全部的浓度为N2。

2. 根据权利要求1所述的半导体激光器，

其特征在于，所述电流阻挡层包括与所述 p－型覆层基底层相接触的一个第一层和在所述第一层的上面的一个第二层，在所述第一层中的n－型载流子的浓度为N1，而在所述第二层中的n－型载流子的浓度为N2。

3. 根据权利要求2所述的半导体激光器，

其特征在于，所述第一层和第二层具有不相同的成分。

4. 根据权利要求2所述的半导体激光器，

其特征在于，所述第一层和第二层的其中之一由多个子层组成，这些子层具有至少两种不同的成分。

5. 根据权利要求2所述的半导体激光器，

其特征在于，所述第二层是掺有浓度为 p2 的 p－型载流子和浓度为n2(这里n2>p2)的n－型载流子的双掺杂型，并且将p2和n2设置为使n2－p2＝N2。

6. 根据权利要求5所述的半导体激光器，

其特征在于，0 $cm^{-3} \leqslant N1 \leqslant 10^{17} cm^{-3}$，并且 $N2 > 10^{17} cm^{-3}$。

7. 根据权利要求 4 所述的半导体激光器，

其特征在于，0 $cm^{-3} \leqslant N1 \leqslant 10^{17} cm^{-3}$，并且 $N2 > 10^{17} cm^{-3}$。

8. 根据权利要求 3 所述的半导体激光器，

其特征在于，0 $cm^{-3} \leqslant N1 \leqslant 10^{17} cm^{-3}$，并且 $N2 > 10^{17} cm^{-3}$。

9. 根据权利要求 2 所述的半导体激光器，

其特征在于，0 $cm^{-3} \leqslant N1 \leqslant 10^{17} cm^{-3}$，并且 $N2 > 10^{17} cm^{-3}$。

10. 根据权利要求 1 所述的半导体激光器，

其特征在于，0 $cm^{-3} \leqslant N1 \leqslant 10^{17} cm^{-3}$，并且 $N2 > 10^{17} cm^{-3}$。

11. 一种半导体激光器，包括：

一个具有 n－型传导性的 n－型覆层；

一个形成在所述 n－型覆层的顶部的活性层；

一个形成在所述活性层的顶部并具有 p－型传导性的 p－型覆层基底层；

一个形成在所述 p－型覆层基底层的上表面的特定部分上并基本上具有 n－型传导性的电流阻挡层；和

一个具有 p－型传导性的 p－型掩埋覆层，形成该 p－型掩埋覆层以覆盖所述电流阻挡层并接触所述 p－型覆层基底层的上表面的其余部分，

其中，在所述 p－型覆层基底层和 p－型掩埋覆层之间的界面附近的所述电流阻挡层的区域具有 p－型传导性，而其它区域具有 n－型传导性。

12. 一种半导体激光器，包括：

一个具有 n－型传导性的 n－型覆层；

一个形成在所述 n－型覆层的上部的活性层；

一个形成在所述活性层的上部并具有 p－型传导性的 p－型覆层基底层；

一个具有 p－型传导性并形成在所述 p－型覆层基底层的上表面的特定部分上并与 p－型覆层基底层相接触的中间层；

一个形成在所述中间层上并具有 n－型传导性的电流阻挡层；和

一个具有 p－型传导性的 p－型掩埋覆层，形成该 p－型掩埋覆层以覆盖所述电流阻挡层并接触所述 p－型覆层基底层的上表面的其余部分，

其中，所述中间层位于所述电流阻挡层和 p－型覆层基底层之间以便

将所述电流阻挡层的底部表面从所述 p－型覆层基底层的上部表面上分离开。

13. 根据权利要求 12 所述的半导体激光器，

其特征在于，所述 p－型掩埋覆层具有比所述电流阻挡层更高的光折射率。

14. 根据权利要求 11 所述的半导体激光器，

其特征在于，所述 p－型掩埋覆层具有比所述电流阻挡层更高的光折射率。

15. 根据权利要求 10 所述的半导体激光器，

其特征在于，所述 p－型掩埋覆层具有比所述电流阻挡层更高的光折射率。

16. 根据权利要求 9 所述的半导体激光器，

其特征在于，所述 p－型掩埋覆层具有比所述电流阻挡层更高的光折射率。

17. 根据权利要求 8 所述的半导体激光器，

其特征在于，所述 p－型掩埋覆层具有比所述电流阻挡层更高的光折射率。

18. 根据权利要求 7 所述的半导体激光器，

其特征在于，所述 p－型掩埋覆层具有比所述电流阻挡层更高的激光折射率。

19. 根据权利要求 6 所述的半导体激光器，

其特征在于，所述 p－型掩埋覆层具有比所述电流阻挡层更高的光折射率。

20. 根据权利要求 5 所述的半导体激光器，

其特征在于，所述 p－型掩埋覆层具有比所述电流阻挡层更高的光折射率。

21. 根据权利要求 4 所述的半导体激光器，

其特征在于，所述 p－型掩埋覆层具有比所述电流阻挡层更高的光折射率。

22. 根据权利要求 3 所述的半导体激光器，

其特征在于，所述 p－型掩埋覆层具有比所述电流阻挡层更高的光折射率。

23. 根据权利要求 2 所述的半导体激光器，

其特征在于，所述 p－型掩埋覆层具有比所述电流阻挡层更高的光折射率。

24. 根据权利要求 1 所述的半导体激光器，

其特征在于，所述 p－型掩埋覆层具有比所述电流阻挡层更高的光折射率。

25. 一种半导体激光器制造方法，包括：

第一步骤，在 p－型覆层基底层的上表面的特定部分上形成一个基本上具有 n－型传导性的电流阻挡层之前，连续形成一个具有 n－型传导性的 n－型覆层、一个活性层和一个在另一层之上并具有 p－型传导性的 p－型覆层基底层；

第二步骤，在第一步骤完成之后，对存在特定气体的地方进行热清洗；

第三步骤，在第二步骤完成之后，形成一个具有 p－型传导性的 p－型掩埋覆层，以便覆盖所述电流阻挡层并接触 p－型覆层基底层的上表面的其余部分，

所述第一步骤包括：

第一子步骤，形成具有 n－型载流子浓度（以后称为“N1”）的所述电流阻挡层的一个区域，该区域在所述 p－型覆层基底层和所述 p－型掩埋覆层之间的界面的附近；和

第二子步骤，在至少部分的所述电流阻挡层上形成具有 n－型载流子浓度（以后称为“N2”）的另一个区域，其中 N1<N2。

26. 根据权利要求 25 所述的半导体激光器制造方法，

其特征在于，所述第一步骤通过形成与所述 p－型覆层基底层相接触的一个第一层和在所述第一层之上的一个第二层来产生所述电流阻挡层，其中所述第一层中的 n－型载流子浓度为 N1，所述第二层中的 n－型载流子浓度为 N2。

27. 根据权利要求 26 所述的半导体激光器制造方法，

其特征在于，在第一步骤中形成的所述第一层的材料的成分与所述第

二层的材料的成分不相同。

28. 根据权利要求 26 所述的半导体激光器制造方法，

其特征在于，通过形成子层来在所述第一步骤中形成所述第一层和第二层的其中之一，这些子层由至少两种不同材料成分形成。

29. 根据权利要求 26 所述的半导体激光器制造方法，

其特征在于，在所述第一步骤中向所述第二层双掺杂浓度为 p2 的 p－型载流子和浓度为 n2（其中 n2>p2）的 n－型载流子，并且 N2 =（n2－p2）。

30. 根据权利要求 29 所述的半导体激光器制造方法，

其特征在于，0 $cm^{-3} \leqslant N1 \leqslant 10^{17} cm^{-3}$，并且 $N2 > 10^{17} cm^{-3}$。

31. 根据权利要求 28 所述的半导体激光器制造方法，

其特征在于，0 $cm^{-3} \leqslant N1 \leqslant 10^{17} cm^{-3}$，并且 $N2 > 10^{17} cm^{-3}$。

32. 根据权利要求 27 所述的半导体激光器制造方法，

其特征在于，0 $cm^{-3} \leqslant N1 \leqslant 10^{17} cm^{-3}$，并且 $N2 > 10^{17} cm^{-3}$。

33. 根据权利要求 26 所述的半导体激光器制造方法，

其特征在于，0 $cm^{-3} \leqslant N1 \leqslant 10^{17} cm^{-3}$，并且 $N2 > 10^{17} cm^{-3}$。

34. 根据权利要求 25 所述的半导体激光器制造方法，

其特征在于，0 $cm^{-3} \leqslant N1 \leqslant 10^{17} cm^{-3}$，并且 $N2 > 10^{17} cm^{-3}$。

35. 一种半导体激光器制造方法，包括：

第一步骤，在 p－型覆层基底层的上表面的特定部分上形成一个基本上具有 n－型传导性的电流阻挡层之前，连续形成一个具有 n－型传导性的 n－型覆层、一个活性层和一个在另一层之上并具有 p－型传导性的 p－型覆层基底层；

第二步骤，在第一步骤完成之后，对存在特定气体的地方进行热清洗；

第三步骤，在第二步骤完成之后，形成一个具有 p－型传导性的 p－型掩埋覆层，以便覆盖所述电流阻挡层并接触所述 p－型覆层基底层的上表面的其余部分，

在所述第一步骤中形成所述电流阻挡层以便包括一个具有 n－型传导性的区域和一个具有 p－型传导性的区域。所述第一步骤包括：

第一子步骤，形成一个具有 p－型传导性的区域。该区域是在所述 p－型覆层基底层和所述 p－型掩埋覆层之间的界面的附近；

第二子步骤，在所述电流阻挡层的剩余部分的至少一部分上形成一个具有n－型传导性的区域。

36. 一种半导体激光器制造方法，包括:

第一步骤，在中间层的上部表面上形成一个基本上具有 n－型传导性的电流阻挡层之前，连续形成一个具有 n－型传导性的 n－型覆层、一个活性层、一个具有 p－型传导性的 p－型覆层基底层和一个具有 p－型传导性并与在另一个顶部的第一 p－型覆层基底层相接触的中间层;

第二步骤，在第一步骤完成之后，对存在特定气体的地方进行热清洗;

第三步骤，在第二步骤完成之后，形成一个具有 p－型传导性的 p－型掩埋覆层，以便覆盖所述电流阻挡层并接触 p－型覆层基底层的上表面的其余部分，

其中，所述中间层形成在所述电流阻挡层和 p－型覆层基底层之间以便将所述电流阻挡层的底部表面从所述 p－型覆层基底层的上部表面上分离开。

说　明　书

半导体激光器及其制造方法

本发明涉及一种在光盘装置中用作光源的半导体激光器，并涉及这种半导体激光器的制造方法。

近年来，已经发展了用于数字化视频光盘(DVD)和其它这类媒体的光盘驱动器。作为现行的半导体激光器，这种设备主要采用的是AlGaInP型的半导体激光器，这种半导体激光器发射短波激光作为其光源。

在AlGaInP型的半导体激光器领域中，人们更多关注的是由RISA(真实折射率确定的自对准结构)型激光器所表现出的有利特性。例如，这些特性已由Osamu Imafuji等人在“Electronics Letters”第33卷(1997年)的1223页中描述过。

图7示出一种RISA型激光器的截面图。在下文的描述中的“上面”和“下面”是指当图7是在垂直位置时的结构。所示的RISA型激光器具有n－型GaAs(GaAs)基片1，其上按照如下的顺序连续形成一个n－型GaAs缓冲层2、一个由$(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$(这里x＝0.7，y＝0.5)制成的n－型覆层3、一个活性层4、一个由$(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$(这里x＝0.7，y＝0.5)制成的p－型覆层基底层5和一个由AlInP制成的电流阻挡层6。接着在电流阻挡层6的条形部分上进行蚀刻。在此层上面，按如下的顺序形成一个p－型掩埋覆层7、一个由$Ga_{0.5}In_{0.5}P$制成的欧姆接触层8和一个由p－型GaAs制成的顶层9。在顶层9上形成一个p－型电极10，并且在n－型GaAs基片1的背面上形成一个n－型电极11。必需注意的是，这里所述的材料仅仅是举例，因此可以采用材料的其它化合物。

如图7所示，覆盖在电流阻挡层6上的p－型掩埋覆层7是掩埋在形成在结构中心的槽中的。这就产生电流集聚效应，由此在p－型掩埋覆层7的顶部和底部之间的电流流动会变窄。在n－型覆层3、p－型覆层基底层5和p－型掩埋覆层7之内的光受到了限制。这种结构的电流的集聚效应和光源受限的结果理想地表示采用相对较低的操作电流能够产生出激光。

图8所示为制造上述类型的激光器的工序步骤。采用金属有机汽相外延

法(MOVPE）连续形成从n－型GaAs缓冲层2到顶层9的每一层。更详细地，在n－型GaAs基片1上连续形成直到电流阻挡层6的每一层(步骤1）。一旦形成了电流阻挡层6，通过蚀刻电流阻挡层6的一中心部分形成条纹。在形成p－型掩埋包层7之前，需要从由n－型GaAs基片1到电流阻挡层6形成的多层结构的表面上清除不洁杂质(其主要为在蚀刻工序步骤后残留的蚀刻溶液）。通过热清洗步骤清除这些杂质，在该步骤中在接近该层的晶体生长温度的高温(通常700℃或更高）对多层结构进行加热(步骤2）。为防止磷从对层结构的表面蒸发，在这一步骤中加入磷的化合物比如三氢化磷(PH3）或类似物。通过这种方式在有磷的化合物的情况下进行清洗。此后采用MOVPE形成其余的层，形成电极后就结束制造过程(步骤3）。

然而，为提高光盘装置(在其内采用上述激光器）的性能，比较理想的是进一步提高激光器的特性，比如降低激光器的阈电流(参见 Optical Device Dictionary 第8页）。

本发明的第一个目的是提供一种耐久的半导体激光器，其具有改善的激光器特性，比如降低了的阈电流。

本发明的第二个目的是提供一种制造方法，它能够有效地制造一种耐久的半导体激光器，并且该半导体激光器具有改善的激光器特性，比如降低了的阈电流。

为达到上述发明目的，本发明人研究了在已有技术中描述的半导体激光器的制造方法，并且试图找到能够被改进的关键点。结果，本发明人发现当将热清洗作为上述半导体激光器的制造方法的一部分被执行时，在电流阻挡层和p－型覆层基底层之间的结合处的水平方向上会发生侵蚀，并在电流阻挡层上产生了凹面。如果嵌入电流阻挡层并且在具有凹面的这种状态中重构，则在一定的区域不发生晶体生长，如图7所示，在结构中将留下孔穴12。虽然这些孔穴12可能很小，但他们形成在沿着p－型覆层基底层5和电流阻挡层6之间的交界面上，并且引起在半导体激光器中的波导损耗。这就恶化了半导体激光器的特性(比如提高了阈电流），由此难以实现一个理想的半导体激光器。

接着发明人将重点放在依照在电流阻挡层6中的载流子浓度在热清洗过程中在p－型覆层基底层5和电流阻挡层6之间的交界面上水平向上发生的

侵蚀的进展。结果，本发明人发现在p－型覆层基底层5和电流阻挡层6之间的交界面上在水平方向上的侵蚀的进展程度与在电流阻挡层 6 中的载流子的浓度有较大的关系。这一发现导致了本发明的构思。

为实现所述的第一个目的，本发明是一种半导体激光器，它包括：一个具有 n－型传导性的 n－型覆层；一个形成在 n－型覆层的顶部的活性层；一个形成在活性层的顶部并具有 p－型传导性的 p－型覆层基底层；一个形成在 p－型覆层基底层的上表面的特定部分上并基本上具有 n－型传导性的电流阻挡层和一个具有 p－型传导性的 p－型掩埋覆层，形成该 p－型掩埋覆层以覆盖电流阻挡层并接触 p－型覆层基底层的上表面的其余部分，其中，电流阻挡层具有至少两个区域，这两个区域具有不同的n－型载流子浓度(此后称“N1”和“N2”，其中N1<N2)，在p－型覆层基底层和p－型掩埋覆层之间的交界面附近的一个区域具有n－型载流子浓度为N1，电流阻挡层的其余区域的一部分或全部的浓度为N2。

需要指出的是，用在描述电流阻挡层中的术语“基本上”意味着虽然在电流阻挡层6的一部分或更多部分不具有电流阻挡作用，但这种阻挡作用仍然可以通过电流阻挡层的某些其它部分实现。对于其它独立权利要求，也是这样。

在具有所述结构的半导体激光器中，在邻近 p－型覆层基底层和 p－型掩埋覆层之间的连接处的电流阻挡层中的载流子浓度低于部分或全部电流阻挡层的其余部分中的载流子的浓度。即使在热清洗过程中抑制了在p－型覆层基底层和p－型掩埋覆层之间的连接处的侵蚀，这些其他部分仍然能够确保维持电流阻挡层的电流变窄效应。因此，在这种连接处产生的孔穴比在常规半导体激光器中的孔穴小，这就能够降低阈电流并且提高斜率效率，由此改善了激光器性能。由于这些改善的性能使得能够以较低的电流实现较高的输出，因此提高了可靠性。

仍然不清楚的是在上面的孔穴的尺寸的缩小是如何实现的，但可以相信的是这导致了如下作用。

在电流阻挡层的靠近底部表面(其与p－型覆层基底层的上表面接触)的区域具有相对较高的n－型载流子浓度。在热清洗过程中，对载流子进行热分散，在移动的载流子之间产生 PN 结。结果，在 p－型覆层基底层和电流

阻挡层之间的交界面处形成耗尽层。电荷在耗尽层中积累，由于这一层暴露在气体气氛比如磷化氢中，发生了电化学反应，并且在水平方向上侵蚀电流阻挡层。

在本发明的电流阻挡层中，在邻近 p－型覆层基底层和 p－型掩埋覆层之间的交界处的电流阻挡层中的载流子浓度低于部分或全部的电流阻挡层的其余区域中的载流子的浓度。结果，减小了耗尽层，并且在热清洗过程中在充满气体气氛中发生更少的电化学反应，而通过具有较高载流子浓度的部分电流阻挡层维持了电流阻挡作用。需指出的是，当在整个电流阻挡层内的载流子浓度恒定时，在热清洗过程中设置较低的载流子浓度可以类似地产生较少的电化学反应，虽然这种电流阻挡层不会有效地使在半导体激光器中电流变窄。

图 2 所示为对在邻近 p－型覆层基底层的上表面的电流阻挡层部分中的载流子的浓度和侵蚀产生的程度之间的关系研究的结果。在图 2 中的黑圆点表示侵蚀速度的测量值，而实线为最佳曲线。这种实验是针对本发明的第一实施例进行的，这里当在邻近 p－型覆层基底层的上表面的电流阻挡层部分中的 n－型载流子的浓度变化范围在给定的 0 至 1×10^{18} cm^{-3} 的范围内时测量侵蚀速度。需指出的是，在图 2 中表示载流子的浓度的值是指用于形成各种层的材料中的浓度值，并且是依据 C－V 方法测量的。

如图 2 所示，在 p－型覆层基底层的上表面附近的电流阻挡层部分中的 n－型载流子的浓度越低，侵蚀速度越低，当载流子的浓度为 1×10^{17} cm^{-3} 或更低时，侵蚀速度实际为零。

这些结果表明降低在 p－型覆层基底层和 p－型掩埋覆层之间的交界处附近的电流阻挡层部分中的载流子的浓度对于减小孔穴的大小是有效的。由于当在 p－型覆层基底层附近的部分的电流阻挡层中的载流子的浓度为 1×10^{17} cm^{-3} 或更低时，侵蚀速度实际为零，因此通过将载流子的浓度设置在这一范围内几乎可以完全消除在结构中的孔穴。需注意的是，这种载流子的浓度并不是在最后生产的半导体激光器中的浓度，而是在热清洗之前的值，虽然这一值与在所完成的产品中的浓度值基本相同。

这里，电流阻挡层可能包括与 p－型覆层基底层相接触的一个第一层和在第一层的上面的一个第二层，在第一层中的 n－型载流子的浓度为 N1，而

在第二层中的n－型载流子的浓度为N2。

由于这种结构，这两层中的第一层中的载流子浓度低。这就抑制了在热清洗过程中的侵蚀。而这两层中的第二层中的载流子浓度高，由此阻挡了电流的流动。

这里，第一层和第二层具有不相同的组成成分。

在具有上述结构的半导体激光器中，通过在第一层和第二层的之间的异质界面抑制在热清洗过程中的载流子漂移。由此抑制了由于扩散漂移的载流子的作用引起的在与p－型覆层基底层交界处形成耗尽层，因此能够更有效地防止侵蚀。

这里，第一层和第二层的其中之一由多个子层组成，这些子层具有至少两种不同的组成成分。

在具有上述结构的半导体激光器中，通过在第一层或第二层中的子层之间的异质界面抑制在热清洗过程中的载流子漂移。由此抑制了由于扩散漂移的载流子的作用引起的在与p－型覆层基底层交界处形成耗尽层，因此能够更有效地防止侵蚀。

在权利要求4中，所称的子层具有“不同的组成成分”并不仅仅意味着具有不同的杂质浓度，而是还表明在各种组分中有不同的金属或者组分包括的相同的金属的比例不相同。

这里，第二层可以是掺有浓度为p2的p－型载流子和浓度为n2(其中n2>p2)的n－型载流子的双掺杂型，可以将p2和n2设置为使n2－p2＝N2。

在具有上述结构的半导体激光器中，在热清洗过程中载流子的扩散漂移被抑制在第二层内。由此抑制了由于扩散漂移的载流子的作用引起在与p－型覆层基底层交界处形成耗尽层，因此能够更有效地防止侵蚀。

本发明的第一个目的也可以通过这样一种半导体激光器实现，该半导体激光器包括：一个具有n－型传导性的n－型覆层、一个形成在n－型覆层的顶部的活性层、一个形成在活性层的顶部并具有p－型传导性的p－型覆层基底层、一个形成在p－型覆层基底层的上表面的特定部分上并基本上具有n－型传导性的电流阻挡层和具有p－型传导性的p－型掩埋覆层，形成该p－型掩埋覆层以覆盖电流阻挡层并接触p－型覆层基底层的上表面的其余部分，其中电流阻挡层在p－型覆层基底层和p－型掩埋覆层之间的交界

面附近的区域具有p－型传导性，而其它区域具有n－型传导性。

在具有上述结构的半导体激光器中，在p－型覆层基底层和p－型掩埋覆层的交界附近的电流阻挡层部分具有p－型传导性。结果，在结构中的从p－型覆层基底层和电流阻挡层之间的界面朝上漂移的某一位置上形成了耗尽层。在热清洗过程中，这种移动了的耗尽层是位于在距离气体趋向徘徊不去的位置一定距离的某一位置上，这就降低了耗尽层与气体环境相接触的频率。在具有n－型传导性的电流阻挡层的区域维持了电流狭窄效应的同时，这还减少了液相侵蚀产生的程度。

本发明的第一个目的也可以通过一种半导体激光器实现，该半导体激光器包括：一个具有n－型传导性的n－型覆层、一个形成在n－型覆层的上部的活性层、一个形成在活性层的上部并具有p－型传导性的p－型覆层基底层、一个具有p－型传导性并形成在p－型覆层基底层的上表面的特定部分上并与p－型覆层基底层相接触的中间层、一个形成在中间层上并具有n－型传导性的电流阻挡层和具有p－型传导性的p－型掩埋覆层，形成该p－型掩埋覆层以覆盖电流阻挡层并接触p－型覆层基底层的上表面的其余部分，其中中间层位于电流阻挡层和p－型覆层基底层之间以便将电流阻挡层的底部表面从p－型覆层基底层的上部表面上分离开。

由于在p－型覆层基底层和电流阻挡层之间出现了中间层，在结构中的从中间层和电流阻挡层之间的界面朝上移动的某一位置上形成了耗尽层。在热清洗过程中，这种移动了的耗尽层是位于在距离气体环境趋向徘徊不去的位置一定距离的某一位置，这就降低了耗尽层与气体环境相接触的频率。这还减少了液相侵蚀产生的程度。

本发明的第二个目的是通过半导体激光器制造方法来实现的，该方法包括：第一步骤，在p－型覆层基底层的上表面的特定部分上形成一个基本上具有n－型传导性的电流阻挡层之前，连续形成一个具有n－型传导性的n－型覆层、一个活性层和一个在另一层之上并具有p－型传导性的p－型覆层基底层；第二步骤，在第一步骤完成之后，对存在特定气体的地方进行热清洗；第三步，在第二步骤完成之后，形成具有p－型传导性的p－型掩埋覆层，以便覆盖电流阻挡层并接触p－型覆层基底层的上表面的其余部分，所述第一步骤包括：第一子步骤，形成具有一n－型载流子浓度(以后称为

"N1"）的电流阻挡层的一个区域，该区域是在p－型覆层基底层和p－型掩埋覆层之间的交界面附近；第二子步骤，在至少部分的电流阻挡层上形成具有n－型载流子浓度(以后称为"N2"）的另一个区域。其中N1<N2。

在由所述的制造方法生产的半导体激光器中，在邻近p－型覆层基底层和p－型掩埋覆层之间的连接处的电流阻挡层中的载流子浓度低于部分或全部电流阻挡层的其余部分中的载流子的浓度。即使在热清洗过程中将侵蚀抑制在p－型覆层基底层和p－型掩埋覆层之间的连接处，这些其他部分仍然能够确保维持了电流阻挡层的电流缩小效果。因此，在这种连接处产生的孔穴比在常规半导体激光器中的孔穴小，这就能够降低阈电流并且提高升降效率，由此改善了激光器性能。由于这些改善的性能使得能够以较低的电流实现较高的输出，因此提高了可靠性。

这里，在第一步骤中通过形成与p－型覆层基底层相接触的一个第一层和在第一层之上的一个第二层来生产电流阻挡层，其中第一层中的n－型载流子浓度为N1，第二层中的n－型载流子浓度为N2。

所述的制造方法生产一种结构，其中在这两层中的第一层中的载流子浓度低，这就在热清洗过程中抑制了侵蚀。而这两层中的第二层中的载流子浓度高，由此阻挡了电流的流动。

比较可取的是采用浓度值为$0\ cm^{-3} \leqslant N1 \leqslant 10^{17}\ cm^{-3}$和$N2 > 10^{17}\ cm^{-3}$。

这里，在第一步骤中形成的第一层的材料的成分与第二层的材料的成分不相同。

在采用所述的制造方法生产的导体激光器中，通过在第一层和第二层的之间的异质界面抑制在热清洗过程中的载流子漂移扩散。由此抑制了由于扩散漂移的载流子的作用引起的在与p－型覆层基底层交界处形成的耗尽层，因此能够更有效地阻止侵蚀。

这里，通过形成子层来在第一步骤中形成第一层和第二层的其中之一，这些子层由至少两种不同材料成分形成。

在使用所述的制造方法生产的导体激光器中，通过在第一层或第二层中的子层之间的异质界面抑制在热清洗过程中的载流子漂移。由此抑制了由于扩散漂移的载流子的作用引起的在与p－型覆层基底层交界处形成的耗尽层，因此能够更有效地防止侵蚀。

这里，在第一步骤中可以向第二层中双掺杂浓度为 p2 的 p－型载流子和浓度为 n2（其中 n2>p2）的 n－型载流子，并且 N2 =（n2－p2）。

在使用所述的制造方法生产的导体激光器中，在热清洗过程中的载流子漂移被抑制在第二层内。由此抑制了由于扩散漂移的载流子的作用引起的在与 p－型覆层基底层交界处形成的耗尽层，因此能够更有效地防止侵蚀。

本发明的第二目的也可以通过一种半导体激光器制造方法来实现，该方法包括：第一步骤，在 p－型覆层基底层的上表面的特定部分上形成一个基本上具有 n－型传导性的电流阻挡层之前，连续形成一个具有 n－型传导性的 n－型覆层、一个活性层和一个在另一层之上并具有 p－型传导性的 p－型覆层基底层；第二步骤，在第一步骤完成之后，对存在特定气体的地方进行热清洗；第三步，在第二步骤完成之后，形成具有 p－型传导性的 p－型掩埋覆层，以便覆盖电流阻挡层并接触 p－型覆层基底层的上表面的其余部分，在第一步骤中形成电流阻挡层以便包括一个具有 n－型传导性的区域和一个具有 p－型传导性的区域，所述第一步骤包括：第一子步骤，形成一个具有 p－型传导性的区域，该区域是在 p－型覆层基底层和 p－型掩埋覆层之间的交界面的附近；第二子步骤，在电流阻挡层的剩余部分的至少一部分上形成一个具有 n－型传导性的区域。

在使用所述的制造方法生产的导体激光器中，在 p－型覆层基底层和 p－型掩埋覆层的交界附近的电流阻挡层部分具有 p－型传导性。结果，耗尽层形成在结构中的从 p－型覆层基底层和电流阻挡层之间的界面朝上移动的某一位置上。在热清洗过程中，这一移动了的耗尽层位于在距离气体环境趋向徘徊不去的位置一定距离的某一位置上，这就降低了耗尽层与气体环境相接触的频率。在具有 n－型传导性的电流阻挡层的区域维持了电流狭窄效应的同时，还减少了液相侵蚀产生的程度。

本发明的第二目的还能够通过一种半导体激光器制造方法来实现，该方法包括：第一步骤，在中间层的上部表面上形成一个基本上具有 n－型传导性的电流阻挡层之前，连续形成一个具有 n－型传导性的 n－型覆层、一个活性层、一个具有 p－型传导性的 p－型覆层基底层和一个具有 p－型传导性并与在另一个顶部的第一 p－型覆层基底层相接触的中间层；第二步骤，在第一步骤完成之后，对存在特定气体的地方进行热清洗；第三步骤，在第

二步骤完成之后，形成一个具有 p－型传导性的 p－型掩埋覆层，以便覆盖电流阻挡层并接触 p－型覆层基底层的上表面的其余部分，其中中间层形成在电流阻挡层和 p－型覆层基底层之间以便将电流阻挡层的底部表面从 p－型覆层基底层的上部表面上分离开。

在使用所述的制造方法生产的导体激光器中，在 p－型覆层基底层和电流阻挡层之间出现了中间层。结果，在结构中朝上移动到中间层和电流阻挡层之间的交界处的一位置上形成了耗尽层。在热清洗过程中，这种移位了的耗尽层是位于在距离气体环境趋向徘徊不去的位置一定距离的某一位置，这就减少了耗尽层与气体环境相接触的频率。这还降低了液相侵蚀发生的程度。

结合说明本发明的具体实施例的附图，通过下面的详细描述本发明的这些和其他目的、优点和特征将会清楚。在附图中:

图 1 示出本发明的第一实施例的半导体激光器 LS1 的横截面图;

图 2 示出与 p－型覆层基底层相接触部分的电流阻挡层中的载流子的浓度和侵蚀速度之间的关系图;

图 3 示出半导体激光器 LS1 的电光输出特性;

图 4 示出第二实施例中的半导体激光器 LS2 的结构的横截面图;

图 5 示出第三实施例中的半导体激光器 LS3 的结构的横截面图;

图 6 示出第四实施例中的半导体激光器 LS4 的效果;

图 7 示出常规的半导体激光器的结构的横截面图; 和

图 8 示出制造常规技术的和本发明的 RISA－型半导体激光器所用的概要步骤。

结合附图，下文将描述几个本发明的优选实施例。

第一实施例

图 1 示出本发明的第一实施例中的半导体激光器 LS1 的横截面图。与图 7 中所示部件相同的部件具有相同的标号。

如图 1 所示，半导体激光器 LS1 具有 n－型 GaAs 基片 1，在基片 1 上按照如下的顺序连续形成具有 n－型 GaAs 缓冲层 2、由 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$（这里 x = 0.7，y = 0.5）制成的 n－型覆层 3、活性层 4、由 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$（这里 x = 0.7，y = 0.5）制成的 p－型覆层基底层 5 和电流阻挡层 13。沿着电流阻

挡层 13 的中心蚀刻一条纹。在这之上，按如下的顺序形成由$(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$(这里 x = 0.7，y = 0.5）构成的 p－型掩埋覆层 7、p－型 Ga0.5In0.5P 欧姆接触层 8 以降低与电极间的接触电阻和 p－型 GaAs 的顶层 9 以进一步降低接触电阻并散热(即作为散热装置）。在顶层 9 上形成 p－型电极 10，并且在 n－型 GaAs 基片 1 的背面上形成 n－型电极 11。

n－型 GaAs 基片 1 具有一(100）定向晶体表面，其在朝(011）方向具有 10。定向误差。

由于在 n－型 GaAs 基片 1 之上直接形成 n－型覆层 3 将引起 n－型覆层 3 反射在 n－型 GaAs 基片 1 中的晶体缺陷，因而提供缓冲层 2。缓冲层 2 吸收了这些缺陷。

活性层 4 是由发光层 40 和导向层 41 构成的薄层，导向层 41 是在发光层 40 的两侧(即，上面和下面）。发光层 40 是由作为阻挡层并具有预定厚度(比如 5nm）的$(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}P$和由一预定厚度(比如 5nm）的$Ga_{0.43}In_{0.57}P$制成的双井层(two well layers）构成，该双井层分别形成在阻挡层的上边和下边。导向层 41 是由一预定厚度(比如 50nm）的$(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}P$制成，设置导向层以使其与双井层接触，该双井层对激光的折射率比活性层 4 对激光的折射率低。在室温时，这种激光器的振荡波长是 660nm。

p－型覆层基底层 5 是一具有平的表面的薄层。

p－型掩埋覆层 7 是一种薄层，其覆盖电流阻挡层 13 的顶部和倾斜表面，并且被掩埋在由电流阻挡层 13 的左边和右边部分之间形成的凹槽 13c 中。

按照朝接近顶层 9 的顺序 p－型电极 10 由下面的三种金属层构成：具有比如 50nm 的特定厚度的铬层、具有比如 500nm 的特定厚度的金层和具有比如 100nm 的特定厚度的铂层。

按照朝接近 n－型 GaAs 基片 1 的顺序 n－型电极 11 由下面的三种金属层构成：具有比如 50nm 的特定厚度的镍层、具有比如 50nm 的特定厚度的锗层和具有比如 500nm 的特定厚度的金层。

电流阻挡层 13 是一种薄层，其形成在 p－型覆层基底层 5 上，但不在 p－型覆层基底层 5 的中心。这种电流阻挡层 13 从 p－型掩埋覆层 7 的外围部分切断朝下流的电流，由此限制电流可以流过的 p－型掩埋覆层 7 的面

积。

在具有上述结构的半导体激光器中，p－型电极10补给空穴，并且从n－型电极11供应电子。活性层4形成一PN结，因此产生了光致振荡。

在活性层4中产生的光受到由n－型覆层3、p－型覆层基底层5和p－型掩埋覆层7构成的结构的限制，并且通过受激发射将其放大到激光。这种激光沿着活性层4的导向层41被导向到外面。通过在对光具有低的折射率的材料的活性层4的上面和下面形成的层来限制光是一种常规技术，因此在这里不详细描述。

由于电流阻挡层13是由对激光的折射率低于p－型覆层基底层5和p－型掩埋覆层7的折射率的材料制成，由活性层4发射的激光传播到p－型掩埋覆层7，因此p－型掩埋覆层7和n－型覆层3限制了该激光。这种限制作用改善了半导体激光器的阈电流的特性，并且使以较低的操作电流发射激光成为可能。

电流阻挡层13具有的进一步作用在于使在p－型覆层基底层5和p－型掩埋覆层7之间的电流路径变得狭窄，因此将电流聚集到中心间隙。由于在活性层4的中心部分聚集了PN结，因此采用较低的操作电流能够发射激光。

然而，由于电流路径变窄导致光主要在活性层4的中心部分发射，需要构造激光器以使所发射的激光水平地传播到一定的程度以与激光的侧向模式统一。

此外，为限制由活性层4在垂直方向上发射的激光，为覆盖整个活性层4的上表面形成p－型覆层基底层5，其通过使激光在水平方向上传播而将激光的侧向模式统一。

下面将详细描述构成本发明的关键的电流阻挡层13。

电流阻挡层13由形成在p－型覆层基底层5上的第一层13a和形成在第一层13a顶部的第二层13b构成。这第二层13b有效地切断了从p－型掩埋覆层7向下流动的电流。在本说明书的下文将详细地描述电流阻挡层13的特性。

第一层13a是非掺杂的，并由特定厚度，比如300nm，的$Ga_{0.5}In_{0.5}P$构成，$Ga_{0.5}In_{0.5}P$的折射率比p－型覆层基底层5和p－型掩埋覆层7的折射率低。第二层13b是n－型，并且也是由比p－型覆层基底层5和p－型掩埋覆层7

的折射率低并且具有特定厚度，比如300nm，的$Ga_{0.5}In_{0.5}P$构成。

为具有上文所描述的绝缘作用，将在第二层13b中的n－型载流子(电子）的浓度设定为$1\times10^{18}cm^{-3}$。通过这种方式设定载流子浓度，来自p－型掩埋覆层7的外部的载流子(空穴)将会与出现在第二层13b中的载流子(电子）相结合。这样就消除了空穴，以便有效地切断经电流阻挡层13从p－型掩埋覆层7到p－型覆层基底层5的电流路径。如果在第二层13b中载流子的浓度太低，在随着p－型掩埋覆层7形成之后的加热步骤能够在p－型掩埋覆层7中导致载流子(空穴），其具有与被扩散进第二层13b中并在第二层13b中的载流子相反的极性。这就可以减少在第二层13b中的n－型载流子的浓度，并且减轻第二层13b的电流路径变窄效应。因此，应当采用上述$1\times10^{17}cm^{-3}$的浓度，并且浓度至少为$1\times10^{18}cm^{-3}$是比较可取的。

由于第一层13a是非掺杂的，它不需要象第二层13b那样捕获载流子。然而，第一层13a具有不同的目的，并且是重要的目的，即本发明的特征。

依据在附图8中所示的步骤制造具有所描述的结构的半导体激光器。在这种步骤中，依据一种MOVPE方法在n－型GaAs基片1的顶部上连续地形成n－型缓冲层2、n－型覆层3…等。当形成这些时，加入特定量的某些杂质以设定在每层中的载流子的浓度。借此改变形成每层的材料。

在将电流阻挡层13形成在p－型覆层基底层5的顶部后并且在掩埋p－型掩埋覆层7之前，进行热清洗以除去在p－型覆层基底层5的表面上出现的杂质。

当形成常规的电流阻挡层时，与p－型覆层基底层5的上部表面接触的电流阻挡层的底部表面的边缘受到了由采用在热清洗中的气体环境(比如磷化氢）在水平方向上引起的汽相侵蚀。

然而，结合本实施例，与p－型覆层基底层5相接触的电流阻挡层13部分是非掺杂的第一层13a。这就限制了电流阻挡层13的汽相侵蚀。

结果，最后所得的半导体激光器LS1在p－型覆层基底层5、p－型掩埋覆层7和电流阻挡层13之间的连接处具有比常规的激光器小的孔穴。当在显微镜下观察半导体激光器LS1的横截面时证实了这一结果。

在图3中所示为半导体激光器LS1的电光发射特性的研究结果。需注意的是这些结果是对应于每层具有如表1所示的厚度和载流子的浓度的情况

的。在图3中的线A表示本实施例的半导体激光器的特性，而线B表示作为比较的例子的常规的半导体激光器的特性。

表1

名称	载流子浓度(cm^{-3})	厚度
顶层9	5×10^{18}	4μm
接触层8	2×10^{18}	50nm
p-型掩埋覆层7	1×10^{18}	1.3μm
第二层13b	1×10^{18}	300nm
第一层13a	0	300nm
p-型覆层基底层5	3×10^{18}	250nm
活性层4	非掺杂	25nm
n-型覆层3	1×10^{18}	15μm
n-型缓冲层2	1×10^{18}	300nm
n-型GaAs基片1	1×10^{18}	350μm

需注意的是，在表1中表示载流子浓度的值是指采用到用于形成本实施例的层的材料中的值，并且是通过采用C-V方法测得的。

从图3中可以理解到，本实施例的半导体激光器具有较低的振荡阈电流，并且比常规的半导体激光器有更好的升降效率。这是因为当再次形成本实施例的p-型掩埋覆层7时，在p-型掩埋覆层7上不存在不能进行晶体生长的部分。降低了波导损耗，由此改善了半导体激光器的性能。

值得注意的是，虽然上述解释说第一层13a是非掺杂的，当然如果这种掺杂不影响减小孔穴的大小(该孔穴通常产生在p-型覆层基底层5、p-型掩埋覆层7和电流阻挡层13之间的接合处)，这并不构成对本发明的限制。侵蚀速度取决于载流子的浓度，并且如果第一层13a具有比第二层13b更低的载流子浓度，在上文实施例中指在$1\times10^{18}cm^{-3}$以下，则仅可以实现上述的效果(采用具有均匀的载流子浓度的常规的电流阻挡层是不可能的)。浓度不大于$1\times10^{17}cm^{-3}$是比较可取的，如在图2中所示侵蚀速度几乎为零。

虽然如上文所述电流阻挡层13是由第一层13a和第二层13b组成的两层构成，但这并不构成对本发明的限制。只要在p-型覆层基底层5和p-

型掩埋覆层 7 之间的界面附近的电流阻挡层是非掺杂的就足够，而电流阻挡层 13 的其它部分中的一部分或全部具有较高的 n－型载流子浓度。当采用这种结构时，可以采用非掺杂的材料和掺杂的材料来形成电流阻挡层 13。当在电流阻挡层中产生了具有较高的载流子浓度的区域时，如果该区域将具有电流阻挡效应的话，这种区域需要形成为水平地穿过几乎整个电流阻挡层 13 的带状形状，并且覆盖一给定的区域。

同样地，虽然上文描述表明第一层 13a 和第二层 13b 都是由 $Al_{0.5}In_{0.5}P$ 形成的，但如果采用 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-x}P$（这里 $0.7<x<1$，$y=0.5$）进行替换也都能够达到相同的效果。

最后，电流阻挡层 13 的第一层 13a 和第二层 13b 也是不需要由非掺杂的金属元素的相同组分形成。这些层可以由具有不相同比例的相同金属元素的化合物或包括不同的金属元素的化合物形成。在这种情况下，在热清洗过程中从第二层 13b 扩散的载流子被停留在第一层 13a 和第二层 13b 之间的异质界面中。阻止了由在第一层 13a 中的扩散的载流子引起的在与 p－型覆层基底层 5 的交界处的耗尽层的形成，并且能够抑制侵蚀。注意的是，采用如在下文的第二实施例中描述的技术能够更有效地抑制载流子的扩散。

第二实施例

本发明的第二实施例与第一实施例的不同之处仅在于第一层 13a 的构成。由于结构的其余部分都相同，因此下文的描述将重点放在这一不同之处上。

在第二实施例的半导体激光器 LS2 中，电流阻挡层 13 的第一层 13a 具有包括许多异质界面(hetero interface）的多层块结构。这些异质界面阻止了载流子的扩散，继而又阻止了由扩散的载流子效应引起的在与 p－型覆层基底层 5 的交界处的耗尽层的形成。这样比第一实施例中更有效地抑制了侵蚀。

下面将更详细地描述半导体激光器 LS2 的构成。

图 4 示出半导体激光器 LS2 的结构的横截面图。在这种结构中，第一层 14 由总共为 30 个子层 14a 和 14b 构成。交替地设置这些子层 14a 和 14b，最靠近 p－型覆层基底层 5 的子层是一个子层 14b。每个子层 14a 都是由具有特定厚度比如 5nm 的非掺杂的 $Al_{0.5}In_{0.5}P$ 形成的，而每个子层 14b 都是由

具有特定厚度比如5nm的非掺杂的$(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$(这里x=0.7，y=0.5)形成的。通过这种方式形成第一层14，在子层14a和14b之间产生大量的异质界面，因此能够有效地抑制在热清洗过程中从第二层13b进入第一层14中的载流子扩散。因此本实施例所得到的半导体激光器LS2比第一实施例(其本身是对常规的半导体激光器的一种改进)在p-型覆层基底层5、p-型掩埋覆层7和电流阻挡层13之间的接合处具有甚至更小的孔穴。

需注意的是，虽然本实施例所称仅第一层具有多层块结构，但第二层也可以具有多层块结构。

上文的描述还表明第一层是由不同的金属元素的混合形成的子层构成，但这并不构成对本发明的限制，子层还可以是由相同的金属元素以不同的比例混合而形成的。

最后，虽然上文的描述表明第一层是由两种子层构成，但第一层14也可以是由许多不同种类的子层构成。

第三实施例

本发明的第三实施例与第一实施例的不同之处仅在于第二层13b的构成。由于其余部分的结构都相同，因此下文的描述将重点放在这种不同点上。

图5示出第三实施例的半导体激光器LS3的结构的横截面图。

在实施例的半导体激光器LS3中，将p-型杂质和n-型杂质都掺杂到双掺杂型阻挡层15中，阻挡层15与电流阻挡层13的第二层13b相对应。

载流子朝向在电流阻挡层13和p-型覆层基底层5之间的界面的扩散能够被阻止。因此，能够阻止由扩散的载流子效应引起的在p-型覆层基底层5和电流阻挡层13之间的交界处形成的耗尽层，这意味着能够更有效地抑制侵蚀。因此本实施例所得到的半导体激光器LS3比第一实施例(其本身是对常规的半导体激光器的一种改进)在p-型覆层基底层5、p-型掩埋覆层7和电流阻挡层13之间的接合处具有甚至更小的孔穴。

在这个实施例中，假设掺入到双掺杂型阻挡层15中的载流子的浓度对于n-型载流子为$2\times10^{18}cm^{-3}$，对于p-载流子为$1\times10^{18}cm^{-3}$。由于下述原因n-型载流子浓度将设置得比p-载流子浓度高。如前文所述，双掺杂型阻挡层15需要具有电流阻挡层的作用，因此相对于p-型掩埋覆层7需要

具有反向极性(n)。通过这种方式使双掺杂型阻挡层 15 成为 n－型，在双掺杂型阻挡层 15 中的 n－型载流子的浓度将会有 $1 \times 10^{18} cm^{-3}$ 的过量，并且 p－型载流子和 n－载流子将会共享结晶作用点，因此彼此相互限制运动。这种，抑制了在热处理过程中载流子的扩散。

第四实施例

本发明的第四实施例与第一实施例的不同之处仅在于第一层的构成。由于其余部分的结构都相同，因此下文的描述将重点放在这种不同点上。

在本实施例的半导体激光器中，在电流阻挡层中的第一层是由 p－型 $Al_{0.5}In_{0.5}P$ 形成。这就具有这样的效果：使得在热清洗过程中产生耗尽层的位置从 p－型覆层基底层 5 和第一层 16 间的界面朝上移动，由此减少了周围的气体环境与耗尽层接触的频率。这就使得减少由于与周围气体接触引起的电化学反应成为可能，并且能够完全抑制在 p－型覆层基底层 5 和电流阻挡层 13 之间的交界处形成孔穴。

如图 7 所示，在 p－型覆层基底层 5 和靠近活性层的电流阻挡层 6 之间的交界处形成孔穴 12，由此引起波导损耗。可以相信的是如果孔穴形成在结构中的更高的位置上对波导损耗的影响将会更小。此外，即使在第一和第二层之间的结合处发生了一些侵蚀，当形成 p－型掩埋覆层 7 时也能够将材料供应给被侵蚀了的部分，以便维持进行没有孔穴的晶体生长作用。

参考附图下面将描述这种效果。

图 6 示出半导体激光器的结构的中点的横截面图，其将用于描述这种效果。

在图 6 中，第一层 16 是 p－型，因此在热清洗过程中在第一层 16 和 n－型第二层 13b 之间的结合处形成了耗尽层 17。实际上，这意味着耗尽层形成的位置从 p－型覆层基底层 5 和电流阻挡层 13 之间的界面朝上移动了(如在图 6 中 A 所示的位置)。由于耗尽层 17 形成的位置偏离 p－型覆层基底层 5 和电流阻挡层 13 之间的界面，因此耗尽层与保留在凹槽 13c 的底部的气体环境(磷化氢或类似气体)相接触的频率更低，该凹槽 13c 是形成在电流阻挡层 13 中。

需指出的是，上面的描述说第一层 13a 的极性为 p－型，这并不构成限制，仅仅在靠近 p－型覆层基底层 5 和 p－型掩埋覆层 7 的结合处的部分需

要是p－型。

虽然通过实施例并结合附图全部描述了本发明，需指出的是，对本领域的熟练技术人员来说作成各种变型和改进是显然的。因此，只要没有脱离本发明的范围这种变型和改进，它们都将被解释为被包括在本发明中。

说　明　书　附　图

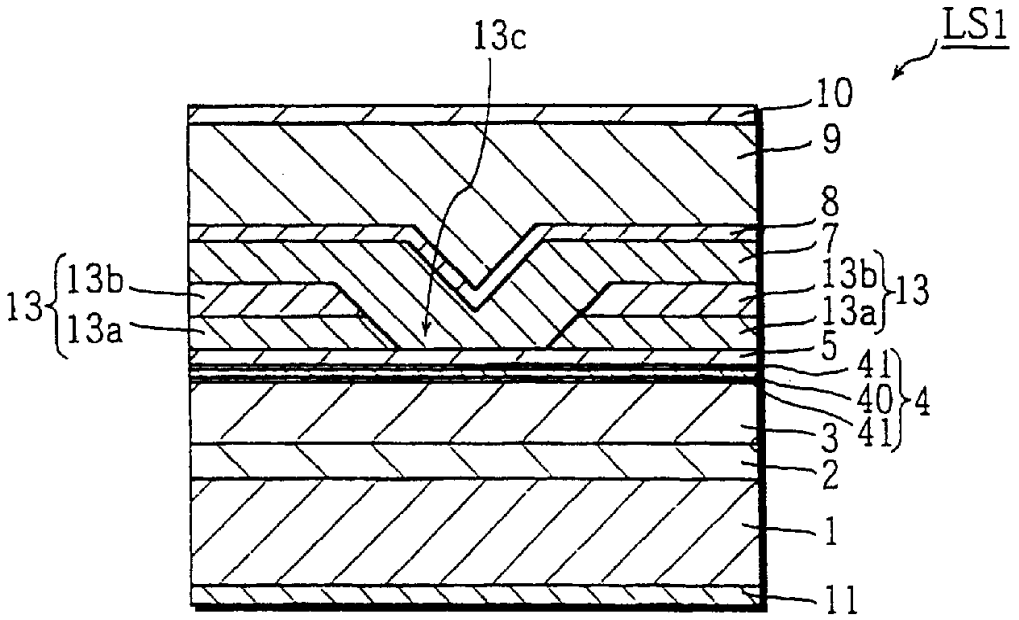

LS1
13c
10
9
8
7
13b
13a
13
5
41
40
4
41
3
2
1
11

图　1

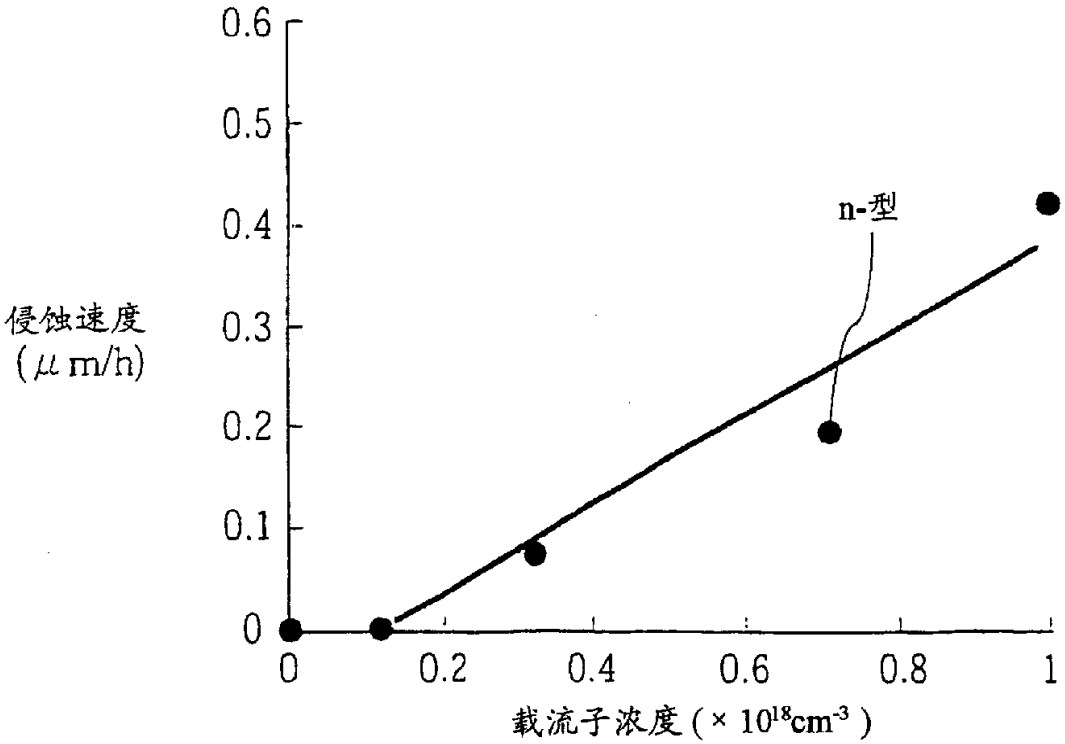

侵蚀速度
(μm/h)
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
n-型
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
载流子浓度 (× 10¹⁸cm⁻³)

图　2

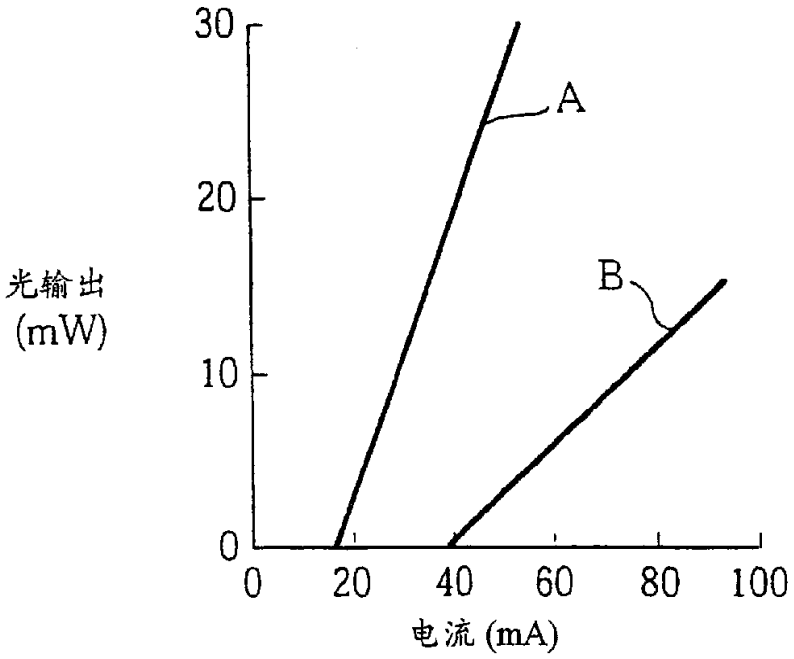

30
20
10
0
光输出
(mW)
A
B
0
20
40
60
80
100
电流 (mA)

图 3

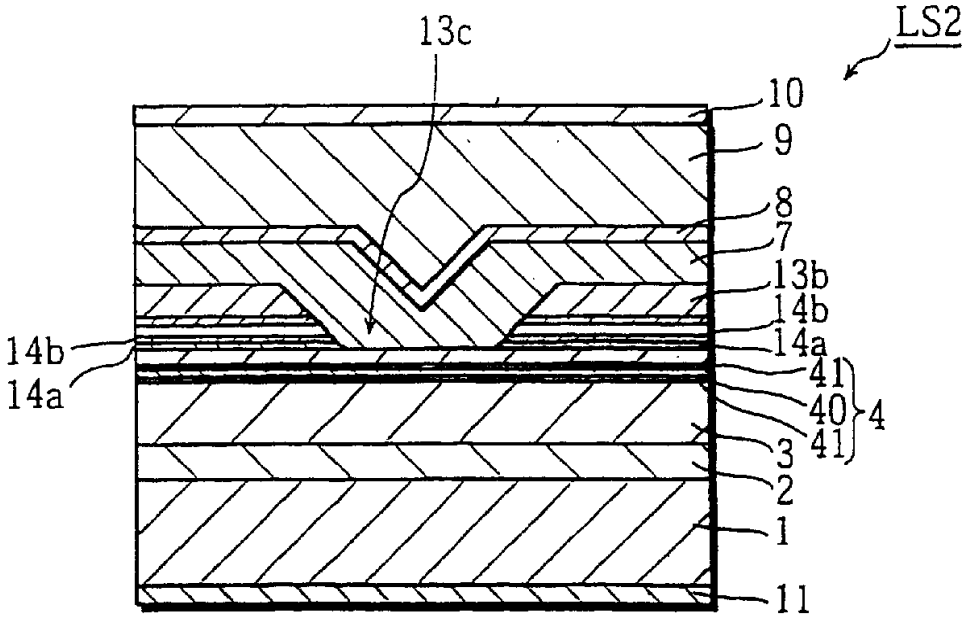

13c
LS2
10
9
8
7
13b
14b
14a
41
40
41
4
3
2
1
11
14b
14a

图 4

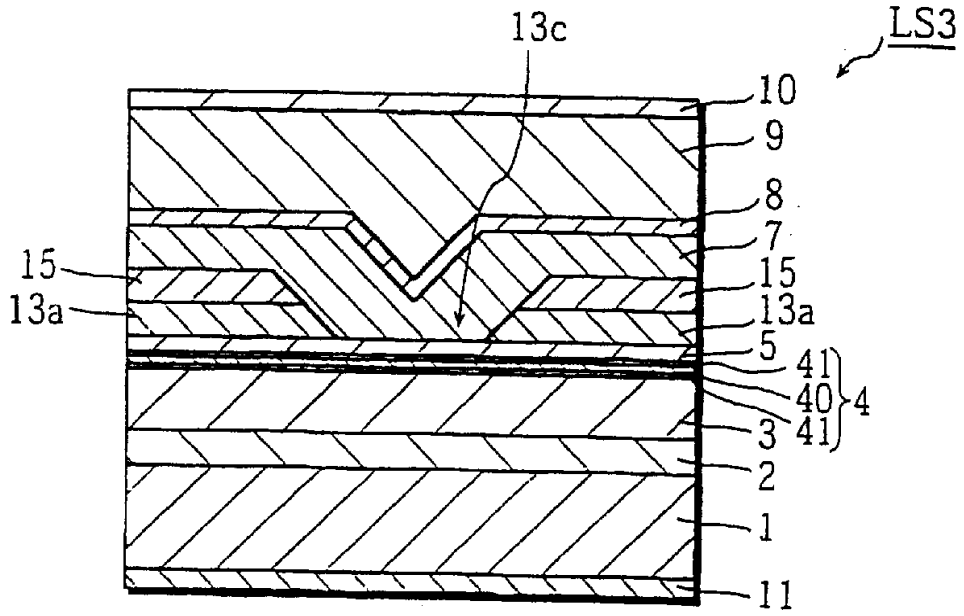

LS3
13c
10
9
8
7
15
13a
15
13a
5
41
40
4
41
3
2
1
11

图 5

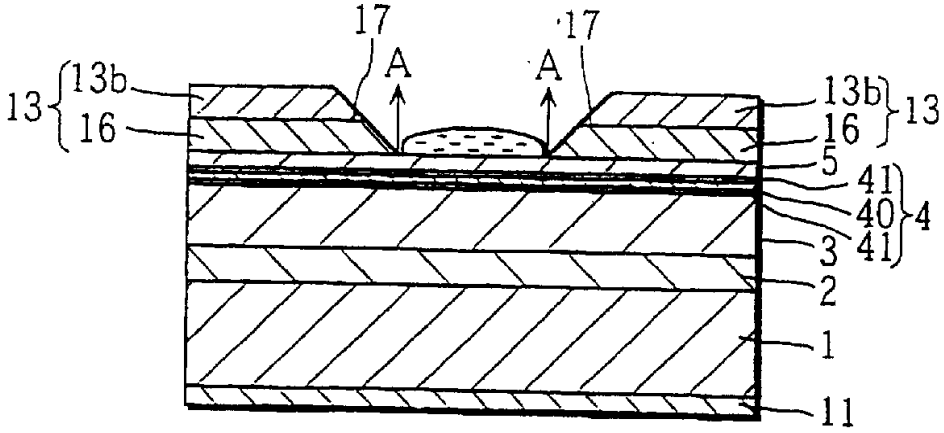

17
17
A
A
13
13b
16
13b
16
13
5
41
40
4
41
3
2
1
11

图 6

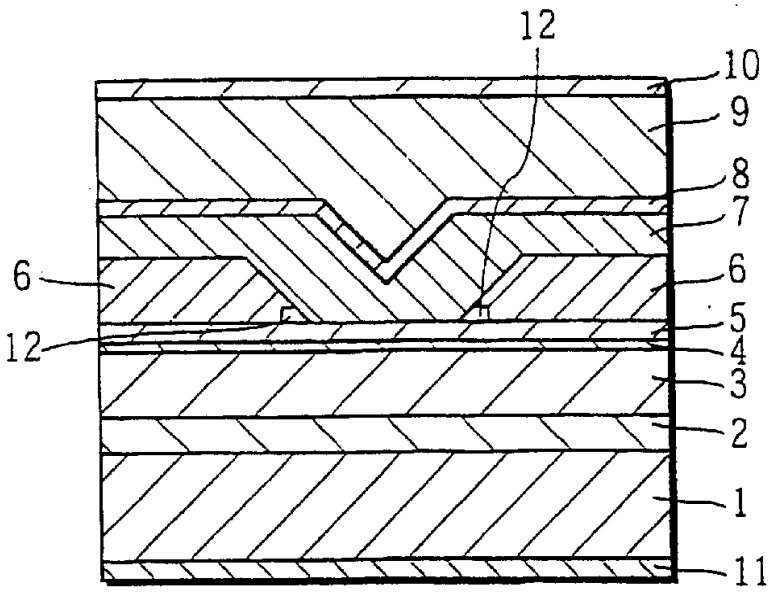


图 7

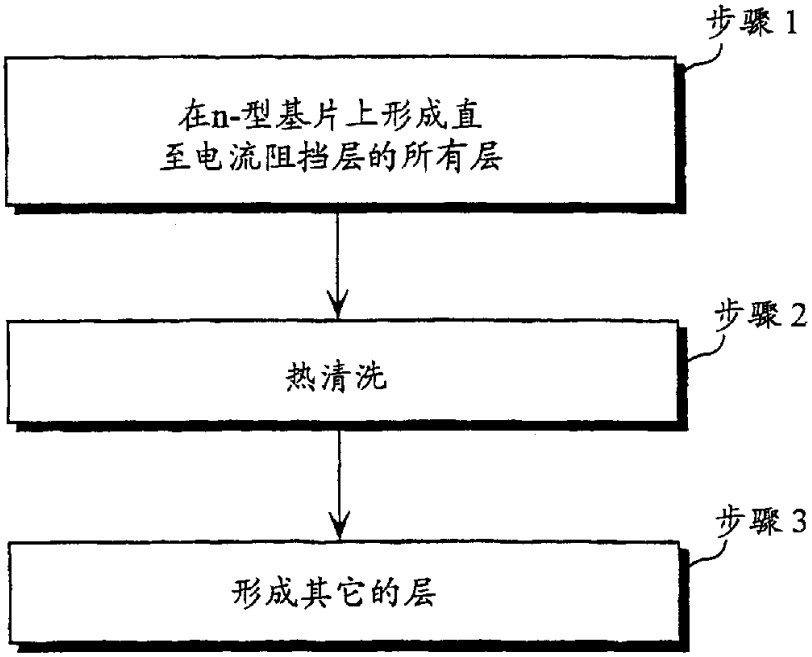


图 8