

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01S 5/00 (2006.01)

H01L 33/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03147571. X

[45] 授权公告日 2006 年 2 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1243400C

[22] 申请日 2003.7.24 [21] 申请号 03147571. X
[30] 优先权
[32] 2002.10.17 [33] KR [31] 63539/02
[32] 2003.5.27 [33] KR [31] 33842/03
[71] 专利权人 三星电机株式会社
地址 韩国京畿道
[72] 发明人 李成男 河镜虎 司空坦
审查员 肖 霞

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
代理人 李晓舒 魏晓刚

权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 7 页

[54] 发明名称
半导体光电子器件

[57] 摘要

本发明提供了一种半导体光电子器件。这种半导体光电子器件包括有源层，设置在有源层上方的上部波导层和设置在有源层下方的下部波导层，设置在上部波导层上方的上部包覆层和设置在下部波导层下方的下部包覆层，支撑所述下部包覆层、下部波导层、有源层、上部波导层以及上部包覆层的堆积结构的衬底，以及设置在有源层与上部波导层之间的上部光限制层和设置在有源层与下部波导层之间的下部光限制层，所述上部和下部光限制层的禁带宽度小于上部和下部波导层的禁带宽度，但是大于有源层的禁带宽度。

p-GaN	90
AlGaIn/p-GaN 或 p-AlGaIn	80
p-GaN	70
p-AlGaIn	60
In _z Ga _{1-z} N	55
In _x Ga _{1-x} N/In _y Ga _{1-y} N	50
In _z Ga _{1-z} N	45
n-GaN	40
AlGaIn/n-GaN 或 n-AlGaIn	30
n-GaN	20
蓝宝石	10

1. 一种半导体光电子器件，包括：
有源层；
- 5 设置在所述有源层上方的上部波导层，和设置在所述有源层下方的下部波导层；
设置在所述上部波导层上方的上部包覆层，和设置在所述下部波导层下方的下部包覆层；
支撑所述下部包覆层、下部波导层、有源层、上部波导层以及上部包
10 覆层的堆积结构的衬底；以及
设置在所述有源层与上部波导层之间的上部光限制层，和设置在所述有源层与下部波导层之间的下部光限制层，它们的禁带宽度小于所述上部和下部波导层的禁带宽度，但是大于所述有源层的禁带宽度。
- 15 2. 如权利要求 1 所述的半导体光电子器件，其中，在所述上部波导层与上部光限制层之间设置有电子阻挡层。
3. 如权利要求 1 所述的半导体光电子器件，其中，所述衬底由 Si、蓝宝石、SiC 或者 GaN 制成。
4. 如权利要求 1 所述的半导体光电子器件，其中，所述有源层、上部和下部波导层、上部和下部包覆层、以及上部和下部光限制层由氮化物基
20 材料制成。
5. 如权利要求 2 所述的半导体光电子器件，其中，所述有源层、上部和下部波导层、上部和下部包覆层、以及上部和下部光限制层由氮化物基材料制成。
6. 如权利要求 3 所述的半导体光电子器件，其中，所述有源层、上部和下部波导层、上部和下部包覆层、以及上部和下部光限制层由氮化物基
25 材料制成。
7. 如权利要求 1 所述的半导体光电子器件，其中，所述上部和下部波导层分别由 p-GaN 和 n-GaN 制成，所述上部和下部包覆层分别由 p-AlGaIn/p-GaN 和 n-AlGaIn/n-GaN 制成，或者分别由 p-AlGaIn 和 n-AlGaIn
30 制成，且所述有源层由 AlInGaIn 制成。
8. 如权利要求 7 所述的半导体光电子器件，其中，所述有源层由

$\text{Al}_v\text{In}_x\text{Ga}_{1-x-v}\text{N}/\text{Al}_w\text{In}_y\text{Ga}_{1-y-w}\text{N}$ 制成, 其中 $0 \leq v, w, x, y \leq 1, 0 \leq x+y, y+w \leq 1, y \leq x, v \leq w$ 。

9. 如权利要求 2 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述上部和下部波导层分别由 p-GaN 和 n-GaN 制成, 所述上部 and 下部包覆层分别由 p-AlGaN/p-GaN 和 n-AlGaN/n-GaN 制成, 或者分别由 p-AlGaN 和 n-AlGaN 制成, 且所述有源层由 AlInGaN 制成。

10. 如权利要求 9 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述有源层由 $\text{Al}_v\text{In}_x\text{Ga}_{1-x-v}\text{N}/\text{Al}_w\text{In}_y\text{Ga}_{1-y-w}\text{N}$ 制成, 其中 $0 \leq v, w, x, y \leq 1, 0 \leq x+y, y+w \leq 1, y \leq x, v \leq w$ 。

11. 如权利要求 3 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述上部 and 下部波导层分别由 p-GaN 和 n-GaN 制成, 所述上部 and 下部包覆层分别由 p-AlGaN/p-GaN 和 n-AlGaN/n-GaN 制成, 或者分别由 p-AlGaN 和 n-AlGaN 制成, 且所述有源层由 AlInGaN 制成。

12. 如权利要求 11 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述有源层由 $\text{Al}_v\text{In}_x\text{Ga}_{1-x-v}\text{N}/\text{Al}_w\text{In}_y\text{Ga}_{1-y-w}\text{N}$ 制成, 其中 $0 \leq v, w, x, y \leq 1, 0 \leq x+y, y+w \leq 1, y \leq x, v \leq w$ 。

13. 如权利要求 5 所述的半导体光电子器件, 其中, 在所述上部波导层与上部光限制层之间设置有由 p 型 AlGaN 制成的电子阻挡层。

14. 如权利要求 6 所述的半导体光电子器件, 其中, 在所述上部波导层与上部光限制层之间设置有由 p 型 AlGaN 制成的电子阻挡层。

15. 如权利要求 7 所述的半导体光电子器件, 其中, 在所述上部波导层与上部光限制层之间设置有由 p 型 AlGaN 制成的电子阻挡层。

16. 如权利要求 7 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述光限制层由 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 制成, 其中 $0 \leq x, y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$ 。

17. 如权利要求 9 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述光限制层由 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 制成, 其中 $0 \leq x, y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$ 。

18. 如权利要求 11 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述光限制层由 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 制成, 其中 $0 \leq x, y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$ 。

19. 如权利要求 13 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述光限制层由 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 制成, 其中 $0 \leq x, y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$ 。

20. 如权利要求 14 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述光限制层由

$\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 制成, 其中 $0 \leq x, y \leq 1, 0 \leq x + y \leq 1$ 。

21. 如权利要求 15 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述光限制层由 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 制成, 其中 $0 \leq x, y \leq 1, 0 \leq x + y \leq 1$ 。

5 22. 如权利要求 16 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述光限制层中掺杂有 Si 或者 Mg。

23. 如权利要求 17 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述光限制层中掺杂有 Si 或者 Mg。

24. 如权利要求 18 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述光限制层中掺杂有 Si 或者 Mg。

10 25. 如权利要求 16 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述光限制层的厚度超过 100 埃。

26. 如权利要求 17 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述光限制层的厚度超过 100 埃。

15 27. 如权利要求 18 所述的半导体光电子器件, 其中, 所述光限制层的厚度超过 100 埃。

半导体光电子器件

5 技术领域

本发明涉及一种半导体光电子器件，具体来说，涉及一种具有较高光效率的半导体光电子器件。

背景技术

10 如图 1 中所示，作为氮化物基(nitride-based)半导体光电子器件的一种类型，半导体激光器件具有一个作为其基底的蓝宝石衬底 1，并且包括一个发出或者接收光线的有源层(active layer)5，在蓝宝石衬底 1 上设置的 n 型层 2、3 和 4，以及在 n 型层 2、3 和 4 上设置的 p 型层 6、7 和 8。

具体来说，被设置在有源层 5 上方的 p 型层 7 和被设置在有源层 5 下方
15 方的 n 型层，分别是一个 p 型波导层和一个 n 型波导层。为了对电子、空穴和光线进行限制(confine)，在 p 型波导层 7 的上方和 n 型波导层 4 的下方分别设置有 p 型包覆层(cladding layer)8 和 n 型包覆层 3。在 p 型波导层 7 与有源层 5 之间设置有一个仅有空穴能够穿过的电子阻挡层 6。n 型 GaN 接触层 2 被设置在蓝宝石衬底 1 与 n 型包覆层 3 之间，并且在 p 型包覆层 8 的
20 上方设置有一个 p 型 GaN 层。

这种氮化物基发射器件使用了一个蓝宝石衬底。通常，在氮化物基激光二极管中，用于对从有源层发射出的光线进行导引的波导层由 GaN 制成，并且用于将电子和光线限制在其中的包覆层由 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 。

与 GaN 相比， $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 具有一个较大的禁带宽度(energy gap)。此外，
25 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 与形成有源层的 InGaN 之间在耐火系数(refractory index)上的差异大于 GaN 与 InGaN 之间在耐火系数上差异。

与用作 n 型接触层材料的 GaN 相比， $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 具有较小的点阵常数和热膨胀系数，这将导致在氮化物基激光二极管中发生开裂现象。因此，在由 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 制成的包覆层中铝的组成比率和厚度上存在限制。根据各种研
30 究结果，这些限制如下所述。由 AlGaIn/GaN 制成的超晶格中铝的组成比率大约为 14%，并且铝的厚度为 1 微米。块状 AlGaIn 层(bulk AlGaIn layer)中

铝的组成比率约为 8%，并且铝的厚度为 1 微米。由于这些对由 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 制成的包覆层中铝的组成比率和厚度的限制，朝向衬底的模式泄漏(mode leakage)，也就是说光限制因子(optical confinement factor)会减小。

5 模式泄漏减小了光限制因子，并且由此使得光增益下降。因此，模式泄漏增大了使得激光器件开始发生振荡所必需的电流值，并且会在激光器件的远场图形上产生负面影响。光限制因子的减小也会增大使得激发装置开始发生振荡所必需的电流值，降低内量子效应，并且也会在激光器件的远场图形上产生不良影响。

10 发明内容

本发明提供了一种半导体发光器件，通过有效地提高光限制因子，这种半导体发光器件具有较高的耐用性和可靠性。

15 本发明还提供了一种高效的半导体发光器件，通过利用光增益，这种半导体发光器件能够降低使得激光发生振荡所必需的电流值，并且由此降低了工作输入功率。

根据本发明的一个方面，在这里提供了一种半导体光电子器件。这种半导体光电子器件包括有源层，一设置在有源层上方的上部波导层和一设置在有源层下方的下部波导层，一设置在上部波导层上方的上部包覆层和一设置在下部波导层下方的下部包覆层，一支撑所述下部包覆层、下部波导层、有源层、上部波导层以及上部包覆层的堆积结构(deposited structure)的衬底，以及分别设置在有源层与上部波导层之间和有源层与下部波导层之间的上部和下部光限制层，所述上部和下部光限制层的禁带宽度小于上部和下部波导层的禁带宽度，但是大于有源层的禁带宽度。

25 优选的是，在所述上部波导层与上部光限制层之间设置一电子阻挡层。优选的是，所述衬底由 Si、蓝宝石、SiC 或者 GaN 制成。

优选的是，所述有源层、上部和下部波导层、上部和下部包覆层以及上部和下部光限制层由氮化物基材料制成。

30 优选的是，所述上部和下部波导层分别由 p-GaN 和 n-GaN 制成。优选的是，所述上部包覆层由 p-AlGaIn/p-GaN，p-AlGaIn/GaN，AlGaIn/p-GaN 或者 p-AlGaIn 制成，而所述下部包覆层由 n-AlGaIn/n-GaN，n-AlGaIn/GaN，AlGaIn/n-GaN 或者 n-AlGaIn 制成。

优选的是，在所述上部包覆层的上方成形有一个 p-GaN 接触层，并且在所述下部包覆层下方的成形有一个 n-GaN 接触层。优选的是，所述有源层被制成一个由 $\text{Al}_v\text{In}_x\text{Ga}_{1-x-v}\text{N}/\text{Al}_w\text{In}_y\text{Ga}_{1-y-w}\text{N}$ ($0 \leq v, w, x, y \leq 1, 0 \leq x + y, y + w \leq 1, y \leq x, v \leq w$) 组成的单量子阱结构或者多量子阱结构(a single or multiple quantum well structure)。换句话说，有源层可以由 GaN, AlGaN, InGaN 或者 AlInGaN 形成。

优选的是，所述光限制层由 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 制成。

优选的是，所述光限制层中掺杂有 Si 或者 Mg。

优选的是，所述光限制层的厚度大于 100 埃。

10

附图说明

通过下面参照附图对本发明示例性实施例的详细描述，本发明的前述和其它技术特征以及优点将变得更为明白，其中：

图 1 是一传统氮化物基半导体激光器件的横剖视图；

15 图 2 是一根据本发明一优选实施例的半导体激光器件的横剖视图；

图 3 是一曲线图，示出了构成图 2 中所示半导体激光器件的各个层的禁带宽度；

图 4A 和 4B 是两曲线图，分别示出了光限制因子相对于 n 型包覆层的不同模式轮廓(mode profile)发生变化的模拟结果，所述 n 型包覆层中铝的组成比率分别为 10 % 和 15 %；

图 4C 和 4D 是两曲线图，分别示出了在将 14 纳米厚的光限制层添加到图 4A 和 4B 上之后模式轮廓发生变化的模拟结果；

图 5A 至 5C 是三个曲线图，示出了光限制因子相对于 n 型包覆层中铝的组成比率(10 %, 13.5 %, 15 %)以及光限制层的厚度发生变化的模拟结果；

25 图 5D 是一曲线图，示出了在一个包括有一光限制层的发光器件中，光限制因子相对于 n 型包覆层中铝的组成比率(10 %, 13.5 %, 15 %)的变化状态 (实心圆)，并且示出了在一个没有光限制层的发光器件中，光限制因子相对于 n 型包覆层中铝的组成比率的变化状态 (实心方块)；

图 5E 是一个曲线图，示出了在一个发光器件中光限制因子增大速率相对于 n 型包覆层中铝的组成比率的变化状态，在该发光器件中光限制层具有预定的厚度，以便可以在与图 5D 中相同的状况下获得最大的光限制因

子; 以及

图 6 是一曲线图, 示出了使得一个根据本发明包括有一光限制层的激光二极管开始发生振荡所必需的电流量的变化状态, 并且示出了使得一个没有包括光限制层的传统激光二极管开始发生振荡所必需的电流量的变化状态。

具体实施方式

为了通过在包覆层中增大光限制因子来提高光增益, 其中所述包覆层中铝的组成比率为不会导致产生任何开裂现象的最大容许值, 本发明提供了一种半导体发光器件, 该半导体发光器件具有一个发光器件, 其中在一有源层与一位于该有源层上方的上部波导层之间, 以及在该有源层与一位于该有源层下方的下部波导层之间, 插入有一 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) 光限制层。

根据本发明的半导体发光器件具有增强的内量子效应(internal quantum efficiency), 以及一个降低的激光振荡起动电流和一个降低的工作输入功率。激光振荡起动电流和工作输入功率的降低有助于延长半导体发光器件的使用寿命。

根据本发明的半导体发光器件可以被应用于 III-V 族光电子器件和氮化物基光电子器件, 比如氮化物基发光器件或氮化物基光接收器件。

图 2 是一个根据本发明一优选实施例的光电子器件的横剖视图, 比如一个半导体激光器件, 而图 3 是一个曲线图, 示出了构成图 2 中所示半导体激光器件的各个层的禁带宽度。

参照图 2, 一个掺杂有 Si 的 GaN 接触层 20 被成形在由 Si、SiC、GaN 或者蓝宝石制成的衬底 10 上。在 GaN 接触层 20 的上方, 设置有一个电子发光层, 该电子发光层具有一个作为其主要构件的 InGaN 有源层 50。该 InGaN 有源层 50 具有一个由 $\text{Al}_v\text{In}_x\text{Ga}_{1-x-v}\text{N}$ 和 $\text{Al}_w\text{In}_y\text{Ga}_{1-y-w}\text{N}$ ($0 \leq v, w, x, y \leq 1, 0 \leq x+y, y+w \leq 1, y \leq x, v \leq w$) 组成的单量子阱或者多量子阱结构。在这里, $\text{Al}_v\text{In}_x\text{Ga}_{1-x-v}\text{N}$ 和 $\text{Al}_w\text{In}_y\text{Ga}_{1-y-w}\text{N}$ 具有不同的禁带宽度。换句话说, InGaN 有源层 50 可以由 GaN、AlGaIn、InGaIn 或者 AlInGaIn 制成。

在 InGaIn 有源层 50 的上方和下方, 分别成形有一 n 型光限制层 45 和一 p 型光限制层 55。下部光限制层 45 可以由 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1, 0$

$\leq x + y \leq 1$)制成。例如,下部光限制层 45 可以由 n 型或者未掺杂的 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 或者 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 制成,而上部光限制层 55 可以由(p-)型, (n-)型或者未掺杂的 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 或者 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 制成。光限制层 45 和 55 的禁带宽度大于或者等于 InGaN 有源层 50 的禁带宽度,但是小于或者等于下部波导层 40 和上部波导层 70 的禁带宽度,这些将在下面的段落中进行描述。

如图 2 中所示,下部波导层 40 和上部波导层 70 分别由 n 型 GaN 和 p 型 GaN 制成。与光限制层 45 和 55 的禁带宽度相比,下部波导层 40 和上部波导层 70 具有一个较大的禁带宽度。在下部波导层 40 的下方,成形有一个 n-AlGaIn/n-GaN、n-AlGaIn/GaN、AlGaIn/n-GaN 或者 n-AlGaIn 包覆层 30 和一个 n-GaN 接触层 20。

在上部光限制层 55 与上部波导层 70 之间设置有一 p 型 AlGaIn 电子阻挡层 60。如图 3 中所示,该 p 型 AlGaIn 电子阻挡层 60 具有最大的禁带宽度,以便能够阻止电子穿过该 p 型 AlGaIn 电子阻挡层 60,并且仅有空穴被允许穿过该 p 型 AlGaIn 电子阻挡层 60。

在上部波导层 70 上成形有一 p-AlGaIn/p-GaN、p-AlGaIn/GaN、AlGaIn/p-GaN 或者 p-AlGaIn 包覆层 80 和一个 p-GaN 上部接触层 90。

根据本发明,由于光限制层 45 和 55 分别被设置在有源层 50 的下方和上方,所以即使在 AlGaIn 包覆层中对铝的组成比率和厚度上存在有限制,仍然能够增大光限制因子。因此,能够降低用于使得激光器件发生振荡所必需的电流值,并且增强内量子效应。

此外,根据本发明,与已经被广泛用在光电子器件中的波导层相比具有较窄禁带宽度的光限制层,与该波导层一同被设置在半导体激光器件中,并且由此该光限制层和所述波导层可以用作用于有源层 50 的双重光限制层。

图 4A 至 4D 是四个曲线图,每一个均示出了光限制因子相对于一个包括有 n 型包覆层 30 的发光器件的模式轮廓发生变化的模拟结果。具体来说,图 4A 示出了光限制因子相对于一个包括有一 p 型包覆层和一 n 型包覆层的发光器件的模式轮廓的变化状态,所述 p 型包覆层和 n 型包覆层中铝的组成比率为 10%,而图 4B 示出了光限制因子相对于一个包括有一 p 型包覆层和一 n 型包覆层的发光器件的模式轮廓的变化状态,所述 p 型包覆层和 n

型包覆层中铝的组成比率分别为 10% 和 15%。

如图 4A 中所示, 当 n 型包覆层中铝的组成比率为 10% 时, 会环绕衬底发生模式泄漏。另一方面, 如图 4B 中所示, 当 n 型包覆层中铝的组成比率为 15% 时, 则不会在朝向衬底的方向上发生泄漏, 从而光限制因子增大。

5 图 4C 示出了光限制因子相对于这样一个发光器件的模式轮廓的变化状态, 该发光器件包括有一个其中铝的组成比率为 10% 的 n 型包覆层, 一个其中铝的组成比率为 10% 的 p 型包覆层, 以及一个位于由 $\text{In}_2\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 制成而具有 140 埃的厚度的光限制层之间的有源层。图 4D 示出了光限制因子相
10 对于这样一个发光器件的模式轮廓的变化状态, 该发光器件包括有一个其中铝的组成比率为 15% 的 n 型包覆层, 一个其中铝的组成比率为 10% 的 p 型包覆层, 以及一个位于由 $\text{In}_2\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 制成而具有 140 埃的厚度的光限制层之间的有源层。

图 4C 和 4D 示出了可以通过设置一个光限制层来提高光限制因子。尽管图 4C 示出了在衬底附近发生了模式泄漏, 但是其还示出了与图 4A 相比
15 的半幅值(half amplitude)的减小, 并且半幅值减小表明对光的限制更为有效。与图 4C 相比, 图 4D 示出了在衬底周围发生了模式泄漏, 但是通过将图 4C 中所用 n 型包覆层中铝的组成比率从 10% 增大至 15%, 获得了半幅值的更多损失。因此, 图 4D 还表明了能够通过设置光限制层来增大光限制因子。

图 5A 至 5C 是三个曲线图, 每一个均示出了光限制因子相对于光限制
20 层的厚度发生变化的模拟结果。在图 5A 至 5C 中使用的 n 型包覆层中铝的组成比率均不相同, 即分别为 10%, 13.5% 和 15%。

图 5A 至 5C 示出了当 n 型包覆层中铝的组成比率为 10% 并且由 $\text{In}_2\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 制成的光限制层的厚度为 140 埃时所获得的最大限制因子, 当 n
25 型包覆层中铝的组成比率为 13.5% 并且光限制层的厚度为 350 埃时所获得的最大限制因子, 或者当 n 型包覆层中铝的组成比率为 15% 并且光限制层的厚度为 420 埃时所获得的最大限制因子。

具体来说, 在图 5A 中, 当 n 型包覆层和 p 型包覆层中铝的组成比率均为 10% 并且光限制层的厚度大约为 140 埃时, 所获得的最大光限制因子的值大约为 1.5。

30 在图 5B 中, 当 n 型包覆层和 p 型包覆层中铝的组成比率分别为 13.5% 和 10% 并且光限制层的厚度大约为 350 埃时, 所获得的最大光限制因子

的值大约为 2.3。

在图 5C 中，当 n 型包覆层和 p 型包覆层中铝的组成比率分别为 15 % 和 10 % 并且光限制层的厚度大约为 420 埃时，所获得的最大光限制因子的值大约为 2.4 或更大。

- 5 图 5D 示出了在一个包括有一光限制层的发光器件中光限制因子相对于 n 型包覆层中铝的组成比率(10 %, 13.5 %, 15 %)的变化状态 (OCL, 实心圆), 并且示出了在另一没有光限制层的发光器件中光限制因子相对于 n 型包覆层中铝的组成比率的变化状态 (non-OCL, 实心方块)。如图 5D 中所示, 与没有设置任何光限制层的情况相比, 在设置有光限制层的情况下
- 10 光限制因子较大。此外, 当 n 型包覆层中铝的组成比率逐步增大时, 与没有设置任何光限制层的情况中的增大速率相比, 在设置有一光限制层的情况下光限制因子显现出一个较高的增大速率。

图 5E 示出了在设置有光限制层的情况下光限制因子增大速率相对于 n 型包覆层中铝的组成比率的变化状态。

- 15 如图 5A 至 5E 中所示, 由于 n 型包覆层中铝的组成比率增大, 所以光限制因子增大, 并且光限制层的优选厚度增大。在根据本发明的发光器件的情形中, 在无需增大 n 型包覆层中铝的组成比率的条件下, 能够将光限制因子增大高达 16 %。

- 20 基于在图 5A 至 5E 中示出的模拟结果, 能够总结出光限制层的厚度优选地超过 100 埃, 优选的是 100 至 500 埃。

- 25 图 6 是一曲线图, 示出了在一个包括有由 $\text{In}_2\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 制成的光限制层的激光二极管中, 使得激光开始发生振荡所必需的电流量的变化, 并且示出了在没有光限制层的传统激光二极管中, 使得激光开始发生振荡所必需的电流量的变化。在这里, 两种激光二极管均包括有一个无开裂现象的 n 型包覆层, 该 n 型包覆层中铝的组成比率为 14 %。如图 6 中所示, 与传统激光二极管相比 (72 毫安), 包括有由 $\text{In}_2\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 制成的光限制层的激光二极管在使激光开始发生振荡所必需的电流 (46 毫安) 上下降了 40 %。光限制层在激光二极管中的存在引起了光限制因子增大, 并且因此, 光限制系数和光增益也增大。由于光限制层用作 n 型包覆层与有源层之间的缓冲层,
- 30 所以使得激光开始发生振荡所需的电流量明显减少。

根据本发明的半导体发光器件提供了下述优点。

首先，能够在不增大 n 型包覆层中铝的组成比率的条件下降低或者防止模式泄漏现象，并且能够使得光限制因子增大高达 16%。

其次，能够有效地减小由于 AlGaIn 电子阻挡层与有源层之间点阵常数的差异而产生的应力。

5 第三，能够将激光器件的阈值电流降低高达 40%。

第四，能够降低器件的工作电流和电压。

最后，能够通过降低工作输入功率来延长器件的使用寿命。

本发明可以被应用于 III-V 族/氮化物基发光器件或光接收器件。也就是说，本发明可应用于各种器件，包括白光激光发射二极管(LED)、蓝光
10 LED、绿光 LED、紫色激光二极管(LD)、蓝光 LD、绿光 LD，以及光接收器件和电子器件。

尽管已经参照本发明的示例性实施例对本发明进行了具体图示和描述，但是本领域普通技术人员将会明白的是，在不脱离由所附权利要求限定的本发明的技术构思和保护范围的前提下，可以在形式和细节上对它们
15 进行各种改变。

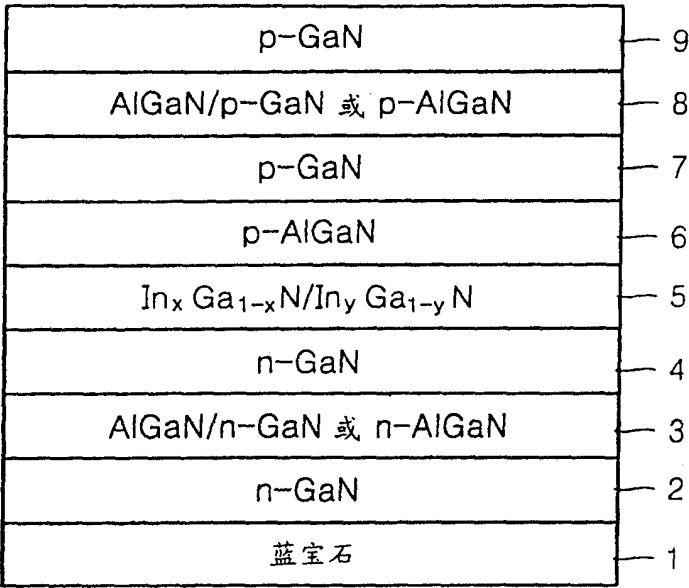


图 1

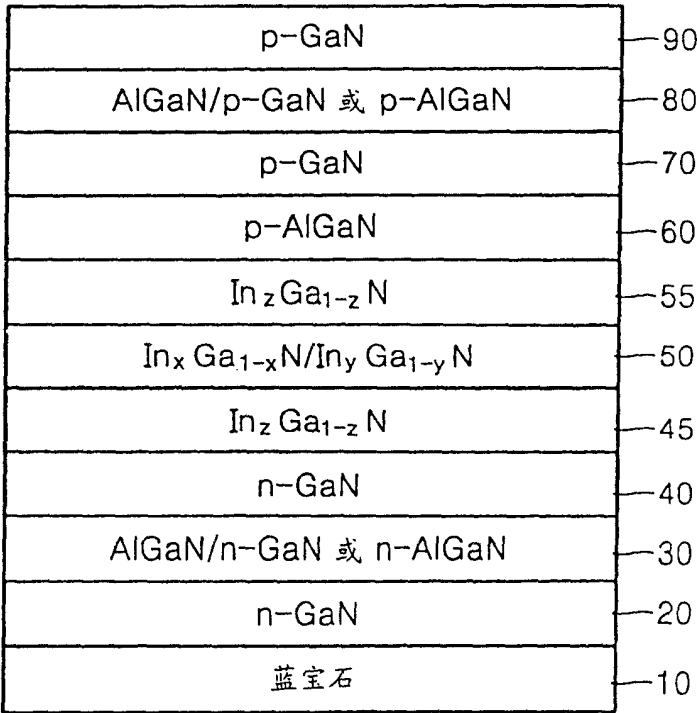


图 2

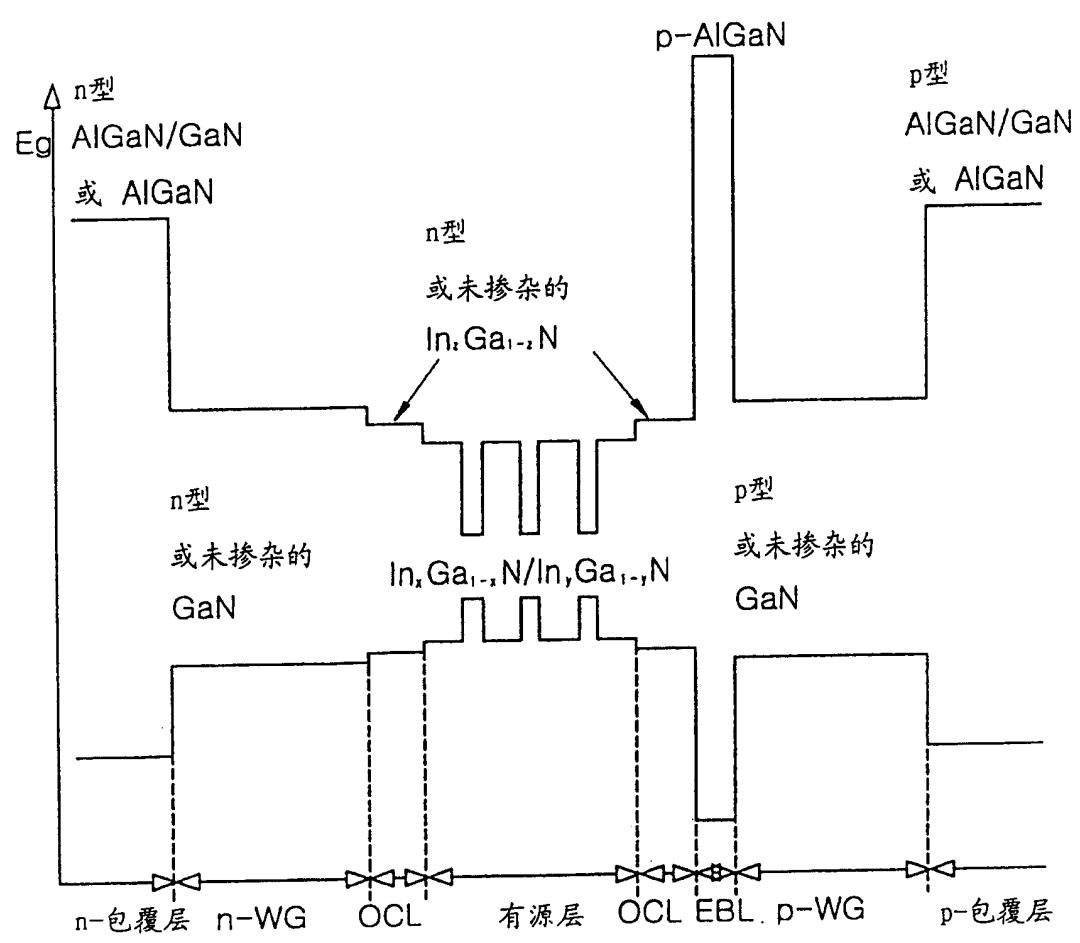


图 3

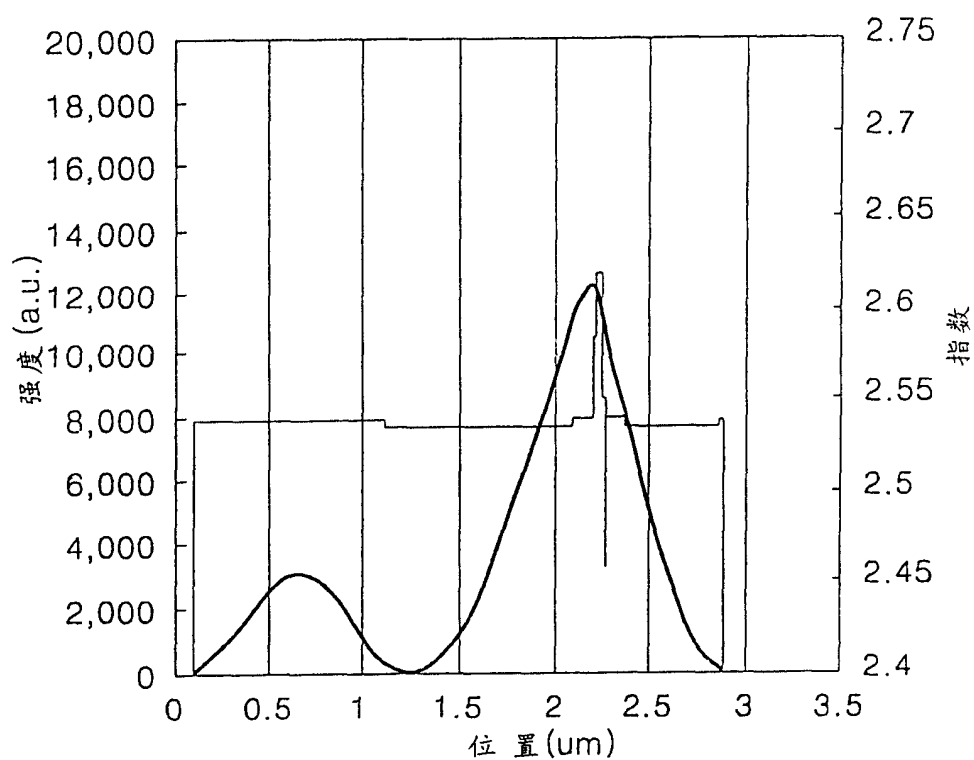


图 4A

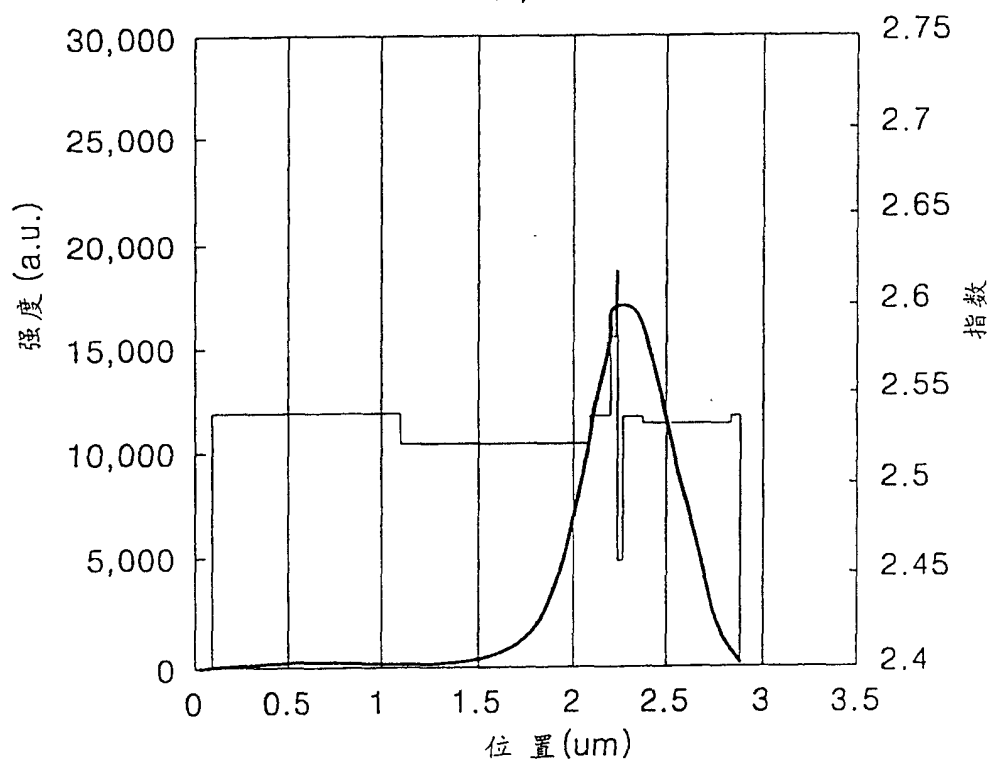


图 4B

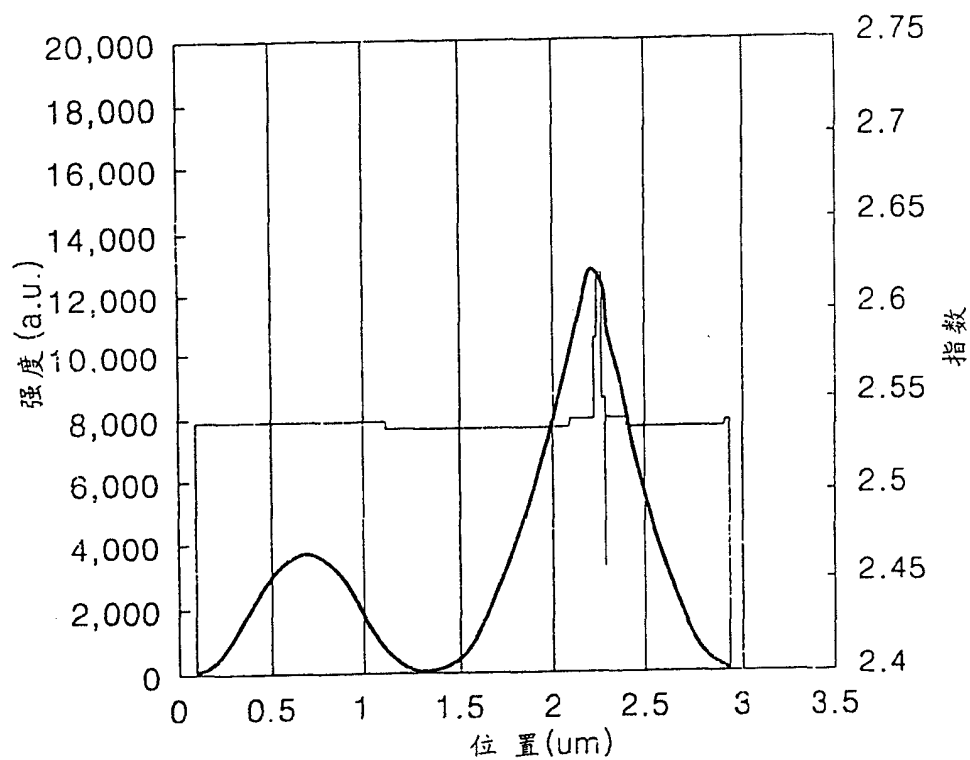


图 4C

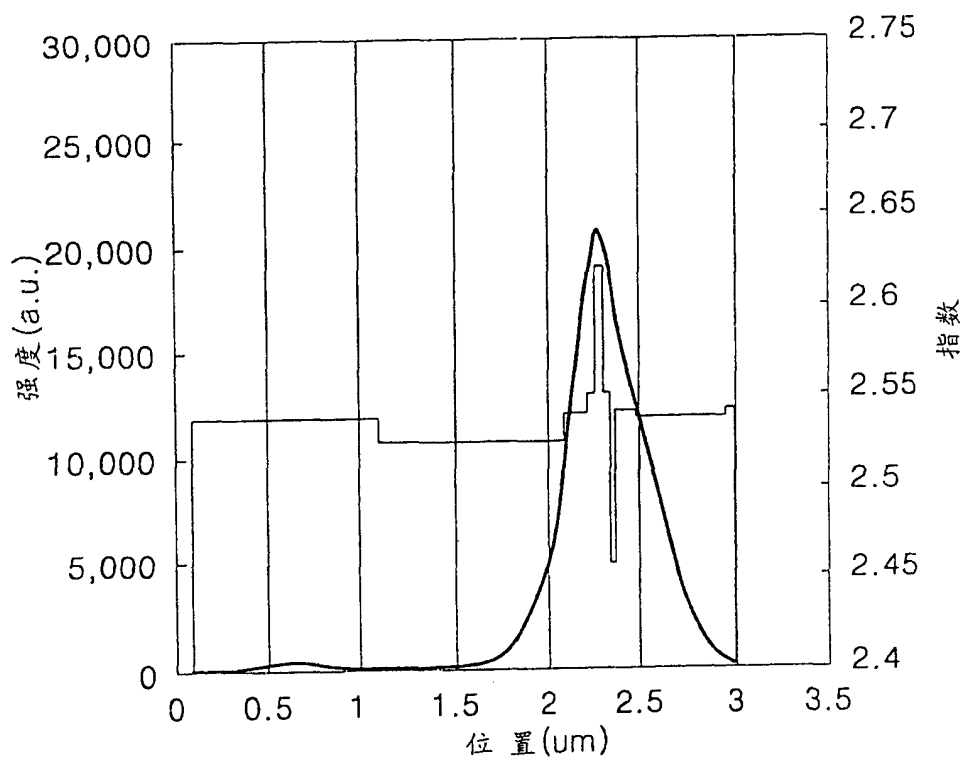


图 4D

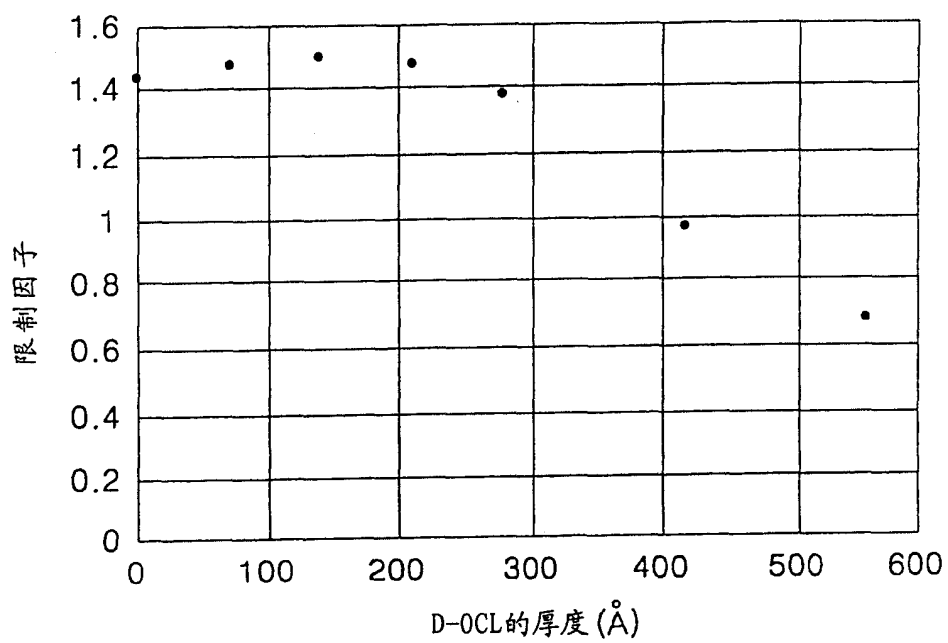


图 5A

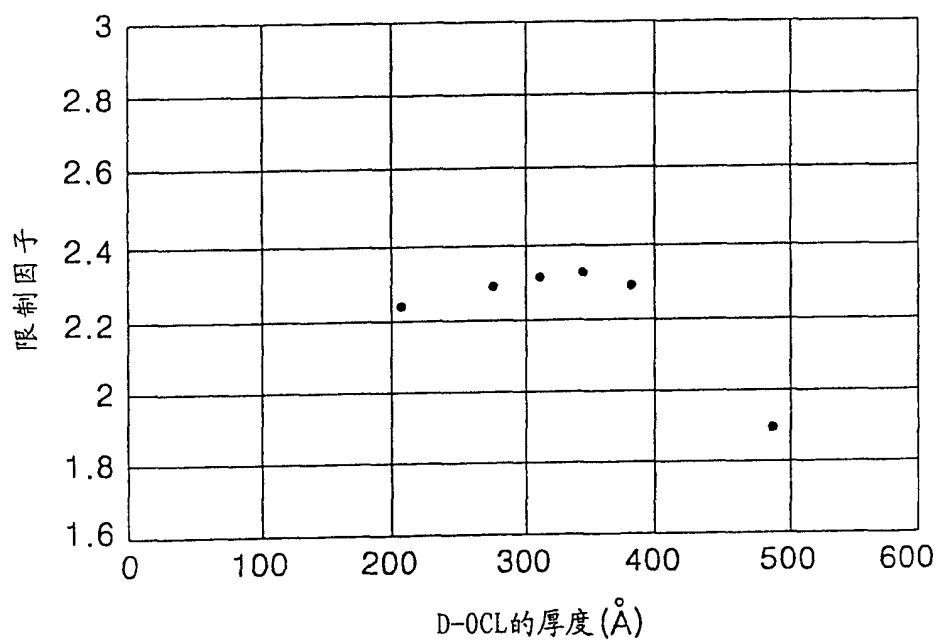


图 5B

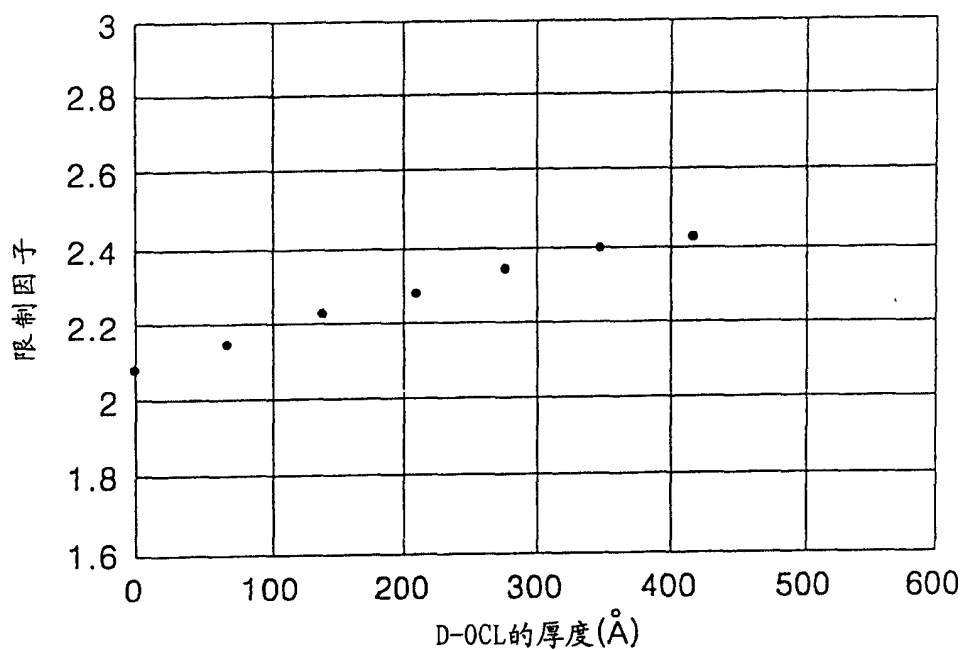


图 5C

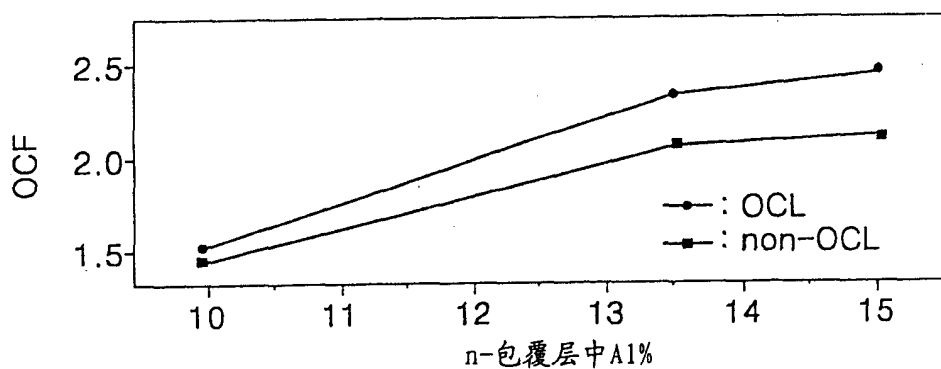


图 5D

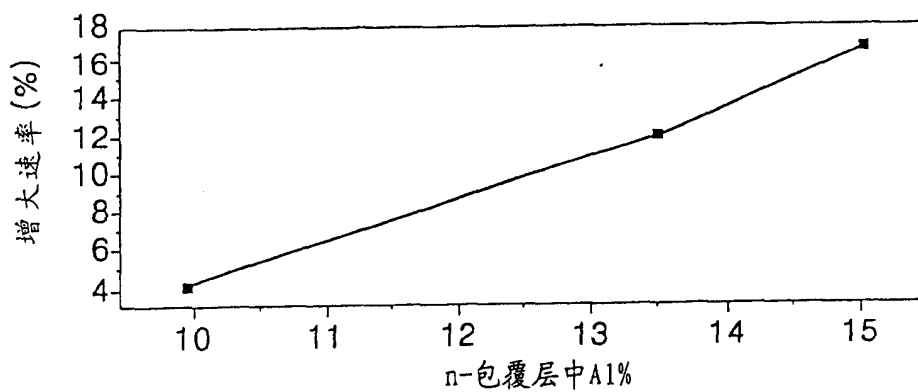


图 5E

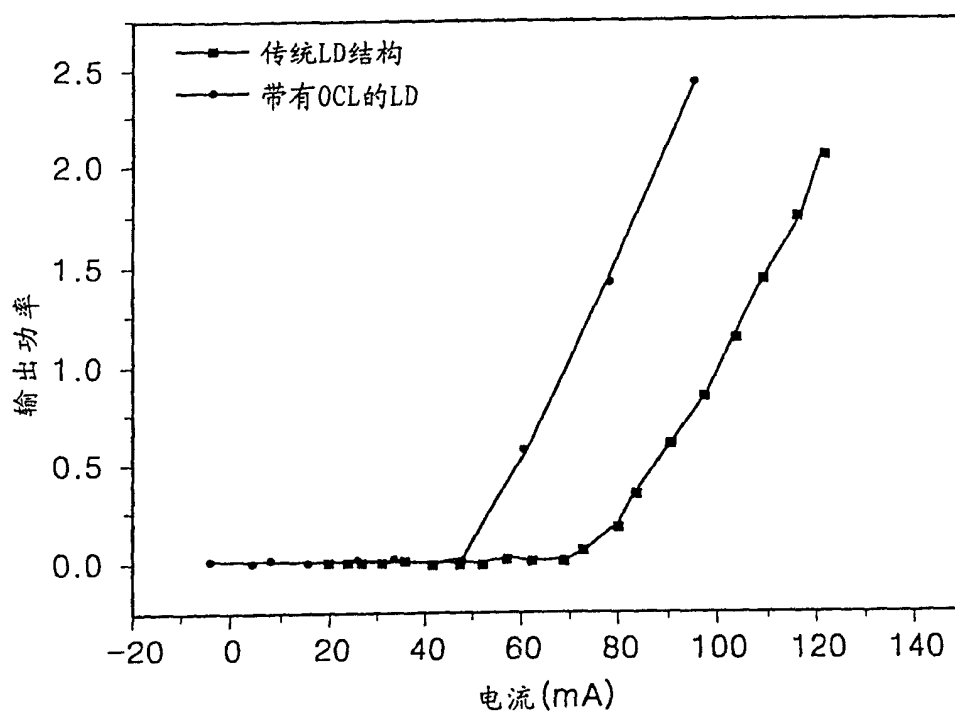


图 6