

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01L 33/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410047411.2

[45] 授权公告日 2008年3月26日

[11] 授权公告号 CN 100377373C

[22] 申请日 2004.5.27

[21] 申请号 200410047411.2

[30] 优先权

[32] 2003.5.27 [33] JP [31] 148666/03

[73] 专利权人 夏普株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 佐佐木和明 中村淳一

[56] 参考文献

JP P2001-102627A 2001.4.13

CN 1221520 A 1999.6.30

CN 1190267 A 1998.8.12

US 5048035 A 1991.9.10

CN 1160937 A 1997.10.1

US 6433364 B2 2002.8.13

CN 1245979 A 2000.1.1

审查员 曾宇昕

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 李贵亮 杨 梧

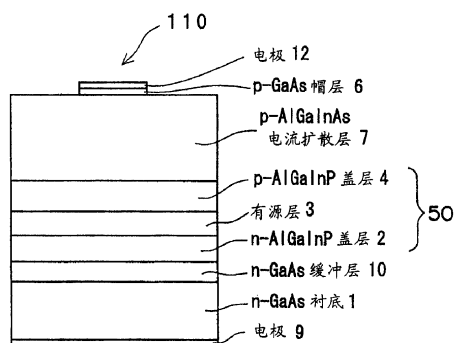
权利要求书2页 说明书11页 附图9页

[54] 发明名称

发光二极管及其制造方法

[57] 摘要

本发明公开了一种发光二极管及其制造方法，该发光二极管具有 AlGaInP 型的发光部分，并在发光部分的发光侧上具有包括 In 的电流扩散层，从而有效地抑制小丘的产生，并增大发光二极管的亮度。



1. 一种发光二极管(110、120、210、220), 包括:
AlGaInP 型的发光部分(50、60); 以及
包括 In 的电流扩散层(7、7a、7b、20), 其在发光部分的发光一侧上,
其中电流扩散层包括 AlGaInAs.
2. 如权利要求 1 所述的发光二极管, 其中包括在电流扩散层中的 In
对于所有属于 III 族的元素的组份比为 1-10%.
3. 如权利要求 1 所述的发光二极管, 其中电流扩散层通过双层结构构造,
该双层结构包括下层(7a)和上层(7b), 并且该下层的载流子浓度小于该
上层的载流子浓度.
4. 如权利要求 2 所述的发光二极管, 其中电流扩散层通过双层结构构造,
该双层结构包括下层(7a)和上层(7b), 并且该下层的载流子浓度小于该
上层的载流子浓度.
5. 如权利要求 3 所述的发光二极管, 其中该下层的载流子浓度在从
 0.5×10^{18} 至 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的范围内, 而该上层的载流子浓度在从 0.3×10^{19} 至
 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的范围内.
6. 如权利要求 4 所述的发光二极管, 其中该下层的载流子浓度在从
 0.5×10^{18} 至 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的范围内, 而该上层的载流子浓度在从 0.3×10^{19} 至
 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的范围内.
7. 如权利要求 1 所述的发光二极管, 还包括:
由 GaInP 制成的电流抑制层(19), 其中电流抑制层呈圆形地形成在发光
部分与电流扩散层之间的中心部分中.
8. 如权利要求 2 所述的发光二极管, 还包括:
由 GaInP 制成的电流抑制层(19), 其中电流抑制层呈圆形地形成在发光
部分与电流扩散层之间的中心部分中.
9. 如权利要求 3 所述的发光二极管, 还包括:
由 GaInP 制成的电流抑制层(19), 其中电流抑制层呈圆形地形成在发光
部分与电流扩散层之间的中心部分中.
10. 如权利要求 4 所述的发光二极管, 还包括:
由 GaInP 制成的电流抑制层(19), 其中电流抑制层呈圆形地形成在发光

部分与电流扩散层之间的中心部分中。

11. 如权利要求 5 所述的发光二极管, 还包括:

由 GaInP 制成的电流抑制层(19), 其中电流抑制层呈圆形地形成在发光部分与电流扩散层之间的中心部分中。

12. 如权利要求 6 所述的发光二极管, 还包括:

由 GaInP 制成的电流抑制层(19), 其中电流抑制层呈圆形地形成在发光部分与电流扩散层之间的中心部分中。

13. 如权利要求 1 所述的发光二极管, 还包括:

由 GaInP 制成的电流狭窄层(21a), 其中去除电流狭窄层的中心部分, 并且电流狭窄层形成于发光部分与电流扩散层之间。

14. 一种制造发光二极管的方法, 该发光二极管具有 AlGaInP 型的发光部分(50、60), 该方法包括在发光部分的发光侧上形成由 AlGaInAs 制成的电流扩散层(7、7a、7b、20)的步骤。

15. 如权利要求 14 所述的方法, 其中至少在该步骤的初始阶段中, 电流扩散层以不大于 $1.2\mu\text{m}/\text{h}$ 的生长速度形成。

16. 如权利要求 15 所述的方法, 其中电流扩散层以不大于 $1.2\mu\text{m}/\text{h}$ 的生长速度形成, 直至电流扩散层的厚度达到超过 $0.1\mu\text{m}$ 。

发光二极管及其制造方法

技术领域

本发明涉及一种具有电流扩散层的 AlGaInP 基发光二极管(即, LED), 并涉及其制造方法。

背景技术

近来, LED 成为了在户内和户外采用的、引人注目的显示元件。随着 LED 亮度的增大, 作为氖灯的替代装置, 对于 LED 的需求在显示器市场上迅速增长。

作为一种发射可见高亮度光的 LED, AlGaInP 基 DH 型 LED 已为人所知。图 10 为在 JPB.H06-103759 中公开的 AlGaInP 基 LED 100(以下称作第一传统实施例)的结构图。

LED 100 通过以下工艺步骤制造。第一步, 用 MOCVD 法, 在 n-GaAs 衬底 1 上顺序生长 n-AlGaInP 盖层 2(厚度 $1.0\mu\text{m}$, Si 掺杂: $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)、 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 有源层 3(厚度 $0.6\mu\text{m}$)、p-AlGaInP 盖层 4(厚度 $0.7\mu\text{m}$, Zn 掺杂: $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)、p-AlGaAs 电流扩散层 5(厚度 $6.0\mu\text{m}$, Zn 掺杂: $3\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)、以及 p-GaAs 帽层 6(厚度 $0.02\mu\text{m}$, Zn 掺杂: $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)。随后, 在 n-GaAs 衬底 1 的整个表面上形成电极 9, 并在 p-GaAs 帽层 6 上形成电极 12。通过蚀刻法去除 p-GaAs 帽层 6 中心圆形部分及电极 12 以外的区域。

LED 100 的 n-AlGaInP 盖层 2、有源层 3 和 p-AlGaInP 盖层 4 构成了光源部分(或发光部分)50。在有源层 3 上形成 PN 结。由 PN 结处产生的电子-空穴复合现象辐射出明亮的光。在向由圆柱形塑料封装(直径 5mm)覆盖的 LED 100 施加电流(20mA)时, LED 100 以 1.0 坎(以下描述为 1.0cd)发光。

图 11 为在 JPA.H04-229665 中公开的 AlGaInP 基 LED 200(以下称为第二传统实施例)的结构图。

LED 200 通过进行以下工艺步骤制得。第一步, 用 MOCVD 法, 在 n-GaAs 衬底 11 上顺序生长光源部分(或发光部分), 其包括 n-AlGaInP 盖层 12(厚度 $1.0\mu\text{m}$, Si 掺杂: $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)、 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 有源层 13(厚度

0.6 μm)、以及 p-AlGaInP 盖层 14(厚度 0.7 μm , Zn 掺杂: $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)。第二步, 在层 14 上形成 p-GaInP 帽层 15。第三步, 在层 15 的中心部分上形成 n-AlGaInP 电流抑制层 16(厚度 0.3 μm , Si 掺杂: $3\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$), 随后通过蚀刻法去除层 16 中心圆形部分以外的区域。第四步, 在 p-GaInP 帽层 15 和 n-AlGaInP 电流抑制层 16 上顺序生长 p-AlGaAs 电流扩散层 17(厚度 6.0 μm , Zn 掺杂: $3\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)和 p-GaAs 帽层(即, 接触层)18(厚度 0.02 μm , Zn 掺杂: $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)。第五步, 在所有 n-GaAl 衬底 11 上形成电极 21, 并在层 18 上形成另一个电极 22。然后, 通过蚀刻法去除 p-GaAs 帽层 18 和电极 22 中心圆形部分以外的区域。

如上所述, n-AlGaInP 盖层 12、有源层 13、p-AlGaInP 盖层 14 和 p-GaInP 帽层 15 构成了 LED 200 的光源部分(或发光部分)60。在光源部分产生的光从 n-AlGaInP 电流抑制层 16 周围射出。因此, 到达电极 22 下侧的光量减少, 从 LED 200 体内引出光的效率增大。即, 从 LED 200 体内引出光的总功率增大, 即 LED 200 的亮度增大。在向成型于直径为 5mm 的圆柱形塑料封装内的 LED 200 施加 20mA 的电流时, LED 200 的亮度为 1.8cd。

第一传统实施例的 LED 100 和第二传统实施例的 LED 200 中的每一个具有以约 40,000 个/ cm^2 的浓度存在的所谓小丘(hillock)的晶体缺陷。由于对光的吸收, 小丘降低了亮度, 并且使得电极 12、22 的光学识别困难, 从而为其自动引线焊接操作带来一些麻烦。

发明内容

因此, 本发明的目的在于提供一种高亮度 LED, 其中能够有效地抑制小丘的产生。

本发明的另一目的在于提供一种制造高亮度 LED 的方法。

为了实现本发明的这些和其它目的, 根据其一个方面, 提供第一 LED, 其包括 AlGaInP 型的发光部分和在发光部分的发光侧上包括 In 的电流扩散层。

为了实现本发明的上述目的, 根据其另一方面, 提供第二 LED, 其是如同第一 LED 的二极管, 其中电流扩散层包括 AlGaInAs。

为了实现本发明的上述目的, 根据其另一方面, 提供第三 LED, 其是如同第二 LED 的二极管, 其中包括在 AlGaInAs 中的 In 对于所有属于 III

族的元素的组份比为 1 至 10%。

为了实现本发明的上述目的，根据其另一方面，提供第四 LED，其是如同第二 LED 的二极管，其中电流扩散层通过双层结构构造，该双层结构包括下层和上层，并且该下层的载流子浓度小于该上层的载流子浓度。

为了实现本发明的上述目的，根据其另一方面，提供第五 LED，其是如同第三 LED 的二极管，其中电流扩散层通过双层结构构造，该双层结构包括下层和上层，并且该下层的载流子浓度小于该上层的载流子浓度。

为了实现本发明的上述目的，根据其另一方面，提供第六 LED，其是如同第四 LED 的二极管，其中下层的载流子浓度在从 0.5×10^{18} 至 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的范围内，而上层的载流子浓度在从 0.3×10^{19} 至 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的范围内。

为了实现本发明的上述目的，根据其另一方面，提供第七 LED，其是如同第五 LED 的二极管，其中下层的载流子浓度在从 0.5×10^{18} 至 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的范围内，而上层的载流子浓度在从 0.3×10^{19} 至 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的范围内。

为了实现本发明的上述目的，根据其另一方面，提供第八 LED，其是如同第一 LED 的二极管，其还包括由 GaInP 制成的电流抑制层，其中电流抑制层呈圆形地形成在发光部分与电流扩散层之间的中心部分中。

为了实现本发明的上述目的，根据其另一方面，提供第九 LED，其是如同第二 LED 的二极管，其还包括由 GaInP 制成的电流抑制层，其中电流抑制层呈圆形地形成在发光部分与电流扩散层之间的中心部分中。

为了实现本发明的上述目的，根据其另一方面，提供第十 LED，其是如同第三 LED 的二极管，其还包括由 GaInP 制成的电流抑制层，其中电流抑制层呈圆形地形成在发光部分与电流扩散层之间的中心部分中。

为了实现本发明的上述目的，根据其另一方面，提供第十一 LED，其是如同第四 LED 的二极管，其还包括由 GaInP 制成的电流抑制层，其中电流抑制层呈圆形地形成在发光部分与电流扩散层之间的中心部分中。

为了实现本发明的上述目的，根据其另一方面，提供第十二 LED，其是如同第五 LED 的二极管，其还包括由 GaInP 制成的电流抑制层，其中电流抑制层呈圆形地形成在发光部分与电流扩散层之间的中心部分中。

为了实现本发明的上述目的，根据其另一方面，提供第十三 LED，其是如同第六 LED 的二极管，其还包括由 GaInP 制成的电流抑制层，其中电流抑制层呈圆形地形成在发光部分与电流扩散层之间的中心部分中。

为了实现本发明的上述目的, 根据其另一方面, 提供第十四 LED, 其是如同第七 LED 的二极管, 其还包括由 GaInP 制成的电流抑制层, 其中电流抑制层呈圆形地形成在发光部分与电流扩散层之间的中心部分中。

为了实现本发明的上述目的, 根据其另一方面, 提供第十五 LED, 其是如同第一 LED 的二极管, 其还包括由 GaInP 制成的电流狭窄层(或电流收窄层), 其中心部分被去除, 并形成在发光部分与电流扩散层之间。

为了实现本发明的上述目的, 根据其另一方面, 提供第一方法, 用于制造具有 AlGaInP 型的发光部分的 LED, 该方法包括在发光部分的发光侧上形成由 AlGaInAs 制成的电流扩散层的步骤。

为了实现本发明的上述目的, 根据其另一方面, 提供用于制造 LED 的第二方法, 其是与第一方法相同的制造二极管的方法, 其中至少在该步骤的初始阶段中, 电流扩散层以不大于 $1.2\mu\text{m}/\text{h}$ 的生长速度形成。

为了实现本发明的上述目的, 根据其另一方面, 提供用于制造 LED 的第三方法, 其是与第二方法相同的制造二极管的方法, 其中电流扩散层以不大于 $1.2\mu\text{m}/\text{h}$ 的生长速度形成, 直至电流扩散层的厚度达到超过 $0.1\mu\text{m}$ 。

附图说明

通过参照附图, 结合本发明的优选实施例进行以下介绍, 将使本发明的上述这些目的和其它目的及其特征变得更加明显易懂, 附图中:

图 1 为显示根据本发明第一实施例的 LED 结构的示意图;

图 2A 为显示图 1 的 LED 的电流扩散层中包括的 In 的组份比与其中小丘数量之间关系的曲线图;

图 2B 为显示图 1 的 LED 的电流扩散层中包括的 In 的组份比与其 LED 亮度之间关系的曲线图;

图 3A 为显示图 1 的 LED 的电流扩散层的初始生长速度与其中小丘数量之间关系的曲线图;

图 3B 为显示图 1 的 LED 的电流扩散层的初始生长速度与其 LED 亮度之间关系的曲线图;

图 4A 为显示以低生长速度形成的电流扩散层的厚度与其中小丘数量之间关系的曲线图;

图 4B 为显示低速生长的电流扩散层的厚度与其 LED 亮度的关系的曲

线图;

图 5 为显示根据本发明第二实施例的 LED 结构的示意结构图;

图 6A 为显示图 5 的 LED, 处于低浓度层的电流扩散层的载流子浓度与小丘数量之间关系的曲线图;

图 6B 为显示该低浓度层的载流子浓度与 LED 亮度值的关系的曲线图;

图 7A 为显示图 5 的 LED, 在高浓度下, 电流扩散层的载流子浓度与小丘数量之间关系的曲线图;

图 7B 为显示图 5 的 LED 的电流扩散层的浓度与 LED 亮度之间关系的曲线图;

图 8 为显示根据本发明第三实施例的 LED 结构的示意图;

图 9 为显示根据本发明第四实施例的 LED 结构的示意图;

图 10 为显示根据第一传统实施例的 LED 结构的示意图; 以及

图 11 为显示根据第二传统实施例的 LED 结构的示意图。

具体实施方式

第一实施例

发明人发现 LED 100(见图 10, 已在上述“背景技术”一栏中描述)的小丘产生在 p-AlGaInP 盖层 4 与 p-AlGaAs 电流扩散层 5 之间的现象。此结果由在 LED 100 的 p-GaAs 帽层 6 和 p-AlGaAs 电流扩散层 5 通过蚀刻法完全去除时小丘完全消失的情况、以及在保留小面积的 p-AlGaAs 电流扩散层 5 时小丘从不消失的情况得出。类似地, 发明人发现 LED 200(见图 11, 已在上述“背景技术”一栏中描述)的小丘产生在 p-GaInP 帽层 15 与 p-AlGaAs 电流扩散层 17 之间。

另外, 分析在生长的初始状态或阶段, LED 100 的厚度达到 0.1 μ m 的 p-AlGaAs 电流扩散层 5 的化学成份, 发现 p-AlGaAs 电流扩散层 5 包括约 0.5%至 1.0%的非有意加入其中的 In。这种元素 In 易于从位于 p-AlGaAs 电流扩散层下的 p-AlGaInAs 盖层 4 扩散出去, 而小丘易于随着作为核的元素 In 而产生。

基于这些事实, 发明人提出一种具有含 In(即, 铟)的 p-AlGaInAs 电流扩散层的 LED 110(见图 1), 其中 LED 110 具有 AlGaInP 型的光源部分(或发光部分)。LED 110 可以比传统的 LED 100 和 200 减少其晶片衬底上的小丘

超过至少一位数字, 由此实现使其光的亮度令人满意。

参照图 1 至 9, 以下, 说明书将基于根据本发明第一至第四实施例中每一个的 LED(110、120、210 和 220)进行详细介绍。

首先, 参照图 1 至 4B, 说明根据第一实施例的 LED 110。

图 1 为显示第一实施例的 LED 110 的截面图。附图中, LED 110 与根据第一传统实施例的 LED 100 相同的部件始终由相同的附图标记表示。

LED 110 通过以下步骤制造。第一步, 使用 MOCVD 法, 在 n-GaAs 衬底 1 上顺序生长 n-GaAs 缓冲层 10(厚度 $0.5\mu\text{m}$, Si 掺杂: $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)、n-($\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 盖层 2(厚度 $1.0\mu\text{m}$, Si 掺杂: $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)、未掺杂 ($\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}$) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 有源层 3(厚度 $0.6\mu\text{m}$)、p-($\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 盖层 4(厚度 $0.7\mu\text{m}$, Zn 掺杂: $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)、p-AlGaInAs 电流扩散层 7(厚度 $6\mu\text{m}$, Zn 掺杂: $3\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)、以及 p-GaAs 帽层 6。电流扩散层 7 中 In 对于全部 III 族(即, 碱土金属族)的组份比设置为 2%。

n-AlGaInP 盖层 2、有源层 3 和 p-AlGaInP 盖层 4 构成光源部分(或发光部分)50。PN 结形成在有源层 3 上。由 PN 结处产生的电子-空穴复合现象辐射出明亮的光。

电流扩散层 7 以 $1\mu\text{m}/\text{h}$ 的生长速度生长直至 $0.13\mu\text{m}$ 的厚度, 随后以 $2\mu\text{m}/\text{h}$ 的生长速度生长层 7 直至完成电流扩散层 7 的形成。分别地, 电极 9 形成在 n-GaAs 衬底 1 上, 而电极 12 形成在 p-GaAs 帽层 6 上。电极 12 和 p-GaAs 帽层 6 的每一个都部分地通过蚀刻法去除, 从而保留作为其焊垫的其中心区域($\phi=100\mu\text{m}$)。

通过上述步骤制造的 LED 110, 其晶片表面上的小丘数约为 $4000(\text{个}/\text{cm}^2)$ 。即, LED 110 的小丘数为根据第一传统实施例(见图 10)的 LED 100 的十分之一。在其生长过程中, LED 110 的厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 的电流扩散层 7 中包括的 In 的含量为 2.1%。这样的 In 量几乎与预先设计的量(2.0%)相同, 应注意, 元素 In 从盖层 4 的扩散得到了有效的抑制和防止。

在向成型于圆柱形塑料封装(直径为 5mm)中的 LED 110 施加 20mA 的电流时, LED 110 以 2.0cd 发射亮光, 其值为传统 LED 100 的两倍高。

图 2A 为曲线图, 其显示出当 In 相对于所有属于 III 族(即, 碱土金属族)的元素的含量(%)在从 0%至 20%的范围内变化时, 包括在电流扩散层 7 中 In 的含量(%)与小丘数(个/ cm^2)之间的关系。另外, 图 2B 为曲线图, 其显

示出当 In 的含量(%)在相同范围内变化时,包括在电流扩散层 7 中 In 的含量(%)与发光亮度(cd)之间的关系。为了识别能够自动用于自动引线焊接操作的电极,小丘的数量优选等于或小于 5000(个/cm²)。由图 2A 和 2B 两图可以理解,满足限制小丘数量的需要和实现等于或大于对应于最大值 2.0cd 的 90%的 1.8cd 的亮度的 In 的含量为 1%至 10%。

如图 2A 所示,当 In 的浓度比低于 1%时,小丘的数量迅速增大。这是因为 In 从盖层 4 到 p-AlGaInAs 电流扩散层 7 的扩散没有完全阻挡。

另外,如图 2B 所示,当 In 的浓度比高于 10%时,发射的光强下降。这是因为盖层 4 发生了晶体的晶格变形。

在电流扩散层 7 以 0.8 μ m/h 的生长速度生长至 0.2 μ m 的厚度的情况下,小丘数可以降低至 3000(个/cm³),而 LED 110 的光强提高至 2.1cd。这是因为生长速度的降低实现了晶体的精细化和光损失的下降。

图 3A 为曲线图,显示出直至层 7 的厚度达到 0.2 μ m 时电流扩散层 7 的生长速度(μ m/h)与小丘数量(个/cm²)之间的关系。图 3B 为曲线图,显示出直至该层的厚度达到 0.2 μ m 时电流扩散层 7 的生长速度(μ m/h)与 LED 110 的亮度之间的关系。如图 3A 和 3B 所示,当生长速度等于或小于 1.2 μ m/h 时,小丘数量等于或小于 5000(个/cm²),而其亮度等于或大于对应于 2.0cd 的 90%的 1.8cd。

图 4A 为曲线图,显示出当电流扩散层 7 的生长速度较低(即,0.8 μ m/h)时,电流扩散层 7 的厚度(μ m)与小丘数量(个/cm²)之间的关系。图 4B 为曲线图,显示出当电流扩散层 7 的生长速度较低(即,0.8 μ m/h)时,电流扩散层 7 的厚度(μ m)与 LED 110 的亮度(cd)之间的关系。如图 4A 和 4B 所示,为了使小丘数量等于或小于 5000(个/cm²)并为了使 LED 110 的亮度等于或大于 1.8cd,必须使电流扩散层 7 的厚度形成为大于 1.0 μ m。这是因为在电流扩散层 7 的厚度等于或小于 0.1 μ m 的情况下,电流扩散层 7 的结晶不完全,即,因为随着层 7 的厚度由其初始结晶生长状态增大,电流扩散层 7 的结晶无法形成完全。

第二实施例

接着,将参照图 5 至 7B 说明根据第二实施例的 LED 120。该 LED 与根据上述传统技术的 LED 100 相同的部件由相同的附图标记表示。

图 5 为示意结构图,示出 LED 120 的结构。首先,用 MOCVD 法,在

n-GaAs 衬底 1 上顺序生长 n-GaAs 缓冲层 10(厚度 $0.5\mu\text{m}$, Si 掺杂: $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)、n-(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P 盖层 2(厚度 $1.0\mu\text{m}$, Si 掺杂: $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)、n-(Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.5}In_{0.5}P 有源层 3(厚度 $0.6\mu\text{m}$, Si 掺杂: $5\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$)、p-(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P 盖层 4(厚度 $0.7\mu\text{m}$, Zn 掺杂: $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)、p-AlGaInAs 电流扩散层 7a(厚度 $0.5\mu\text{m}$, Zn 掺杂: $2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)、p-AlGaInAs 电流扩散层 7b(厚度 $5.5\mu\text{m}$, Zn 掺杂: $8\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)、以及 p-GaAs 帽层 6(厚度 $0.01\mu\text{m}$, Zn 掺杂: $2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)。电流扩散层 7a 和 7b 中 In 对于所有属于 III 族的元素的组份比(或含量)设置为 3%。

n-AlGaInP 盖层 2、有源层 3 和 p-AlGaInP 盖层 4 构成光源部分(或发光部分)50。PN 结形成在有源层 3 上。由 PN 结处产生的电子-空穴复合现象辐射出明亮的光。

与上述 LED 110 类似, 电流扩散层 7a 的生长速度设置为 $1\mu\text{m}/\text{h}$ 直至层 7a 从其生长开始起达到 $0.13\mu\text{m}$ 的厚度; 随后, 在电流扩散层 7a 的厚度达到 $0.13\mu\text{m}$ 后, 将层 7a 的生长速度设置为 $2\mu\text{m}/\text{h}$, 直至其厚度达到 $0.37\mu\text{m}$; 从其生长开始起, 将电流扩散层 7b 的生长速度设置为 $2\mu\text{m}/\text{h}$ 。

另外, 分别地, 电极 9 形成在 n-GaAs 衬底 1 上, 而电极 12 形成在 p-GaAs 帽层 6 上。然后, 电极 12 和 p-GaAs 帽层 6 中每一个的中心圆形部分(接近 $\phi=100\mu\text{m}$)以外的区域都通过蚀刻法去除, 用于形成焊垫。

通过上述步骤制造的 LED 120 的小丘数降低至 $3600(\text{个}/\text{cm}^2)$, 其值小于第一实施例 LED 110 10%。

在向成型于圆柱形塑料封装(直径为 5mm)中的 LED 120 施加 20mA 的电流时, LED 120 以 2.2cd 发射亮光, 其值为根据第一传统实施例的 LED 100 的 2.2 倍高。

电流扩散层 7a 下部的载流子浓度设置得低于电流扩散层 7b 上部的, 这是 LED 120 的改善(即, 减少小丘数量和提高了 LED 120 亮度)的原因。

图 6A 为曲线图, 其显示出在电流扩散层 7b 的载流子浓度固定为 $8\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 的情况下, 位于电流扩散层 7b 下、作为低浓度层的电流扩散层 7a 的载流子浓度与小丘数量($\text{个}/\text{cm}^2$)之间的关系。图 6B 为曲线图, 其显示出在电流扩散层 7b 的载流子浓度固定为 $8\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 的情况下, 位于电流扩散层 7b 下、作为低浓度层的电流扩散层 7a 的载流子浓度与 LED 120 的亮度之间的关系。如图 6A 和 6B 所示, 注意到, 在下部电流扩散层 7a 的载流

子浓度在从 $0.5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 至 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 范围内的情况下, 小丘数量等于或小于 5000(个/ cm^2), 且 LED 120 的亮度等于或大于预定的 1.8cd。

在 LED 120 由于其电路的阻抗而受热时, LED 120 的亮度趋于减小。电流扩散层 7a 下部的载流子浓度的下限设置为阈值, 该阈值可以产生由于其电路阻抗而导致其受热, 还可以将 LED 120 的亮度值降低至等于或小于 1.8cd 的值, 若该值进一步下降。另外, 电流扩散层 7a 下部的载流子浓度的上限的值设置为阈值, 该阈值可以破坏电流扩散层 7a 的结晶, 还可以由于 In 从 p-AlGaInP 盖层 4 扩散出来而使小丘数量超过 5000(个/ cm^2), 若电流扩散层 7a 下部的载流子浓度进一步增加。

图 7A 为曲线图, 其显示出在电流扩散层 7a 的载流子浓度固定为 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的情况下, 位于电流扩散层 7a 上、作为高浓度层的电流扩散层 7b 的载流子浓度与小丘数量之间的关系。图 7B 为曲线图, 其显示出在电流扩散层 7a 的载流子浓度固定为 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的情况下, 位于电流扩散层 7a 上、作为高浓度层的电流扩散层 7b 的载流子浓度与 LED 120 的亮度之间的关系。如图 7A 和 7B 所示, 当电流扩散层 7b 的载流子浓度在从 $0.3 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 至 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 范围内时, 小丘数量可以等于或小于 5000(个/ cm^2), 且 LED 120 的亮度等于或大于预定值 1.8cd。

在电流扩散性变差时, LED 120 的亮度趋于减小, 由此将电流扩散层 7b 的载流子浓度的下限的值设置为阈值, 该阈值可以将发射光强保持为等于或小于 1.8cd 的值, 若电流扩散层 7b 的载流子浓度进一步下降。另外, 当载流子浓度增加得过大时, 小丘数量趋于增加, 由此将电流扩散层 7b 的载流子浓度的上限设置为阈值, 该阈值可以将产生于电流扩散层 7b 本身上部内的小丘数量保持为小于 5000(个/ cm^2), 若电流扩散层 7a 上部的载流子浓度进一步增大。

第三实施例

接着, 图 8 为显示第三实施例的 LED 210 的截面图。注意, 附图中, 与传统实施例之一的 LED 200(见图 11)相同的部分始终由相同的附图标记表示。

LED 210 通过以下步骤制造。首先, 用 MOCVD 法, 在 n-GaAs 衬底 11 上顺序生长 n-GaAs 缓冲层 10(厚度 $0.5 \mu\text{m}$, Si 掺杂: $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)、n-(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P 盖层 12(厚度 $1.0 \mu\text{m}$, Si 掺杂: $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)、未掺杂

(Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.5}In_{0.5}P 有源层 13(厚度 0.6μm)、p-(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P 盖层 14(厚度 0.7μm, Zn 掺杂: $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)、p-GaInP 帽层 15(厚度 0.05μm, Zn 掺杂: $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)、以及 n-GaInP 电流抑制层 19。通过蚀刻法去除电流扩散层 19 中心圆形部分以外的区域后,在 p-GaInP 帽层 15 上形成 p-AlGaInAs 电流扩散层 20(厚度 6μm, Zn 掺杂: $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)和 p-GaAs 帽层 18(厚度 0.01μm, Zn 掺杂: $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)。电流扩散层 20 中 In 对于全部 III 族元素的组份比设置为 5%。

n-AlGaInP 盖层 12、有源层 13、p-AlGaInP 盖层 14 和 p-GaInP 帽层 15 构成光源部分(或发光部分)60。

另外,在衬底 11 的全部表面上形成电极 21,并在作为生长层的 p-GaAs 帽层 18 上形成电极 22。p-GaAs 帽层 18 和电极 22 的中心圆形部分($\phi=100$)以外的区域都通过蚀刻法去除。电极 22 的中心圆形部分用作焊垫。

与电流抑制层 16 由 n-AlGaInP 制成的第二传统实施例的 LED 200 相比,根据此第三实施例的 LED 210,电流抑制层 19 由 n-GaInP 制成。在通过再生长法形成 p-AlGaInAs 电流扩散层 20 的情况下,层 20 的表面易于氧化,使得电流扩散层 20 的结晶变得不完全,并且小丘数增加(超过 10000(个/cm²)),这既是为什么 n-AlGaInP 电流扩散层包括 Al 的原因。

LED 210 的结构可以将晶片表面上的小丘数量减少为 4000(个/cm²),这一数量等于第二传统实施例 LED 200 小丘数量的 10%。另外,在层 20 的厚度达到 0.1μm 时,首先产生的层 20 所包括的 In 的组份比为 5.2%,接近于预定值。由此可见,可理解,In 从盖层 14 的扩散得到有效抑制。在向通过圆柱形塑料封装(直径为 5mm)成型的 LED 210 施加 20mA 的电流时,LED 210 以 3.6cd 发射光亮,其值约为第二传统实施例 LED 200 的 2 倍高。

第四实施例

图 9 为显示第四实施例的 LED 220 的截面图。LED 220 通过以下步骤制造。首先,用 MOCVD 法,在 n-GaAs 衬底 11 上顺序生长 n-GaAs 缓冲层 10(厚度 0.5μm, Si 掺杂: $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)、n-(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P 盖层 12(厚度 1.0μm, Si 掺杂: $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)、未掺杂 (Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.5}In_{0.5}P 有源层 13(厚度 0.6μm)、p-(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P 盖层 14(厚度 0.7μm, Zn 掺杂: $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)、p-GaInP 帽层 15(厚度 0.05μm, Zn 掺杂: $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)、以及 n-GaInP 电流狭窄层 21a。通过蚀刻法去除电流狭窄层 21a 中心圆形部分后,在 p-GaInP 帽层 15 和电

流狭窄层 21a 上顺序生长 p-AlGaInAs 电流扩散层 20(厚度 $6\mu\text{m}$, Zn 掺杂: $3\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)和 p-GaAs 帽层 18(厚度 $0.01\mu\text{m}$, Zn 掺杂: $2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)。电流扩散层 20 中 In 对于全部 III 族元素的组份比设置为 8%。

n-AlGaInP 盖层 12、有源层 13、p-AlGaInP 盖层 14 和 p-GaInP 帽层 15 构成光源部分(或发光部分)60。

另外,在衬底 11 的全部表面上形成电极 21,并在作为生长层的 p-GaAs 帽层 18 上形成电极 22。电极 22 和 p-GaAs 帽层 18 的中心圆形部分通过蚀刻法去除,电极 22 和层 18 的开放圆形部分的直径和圆心设置得与电流狭窄层 21a 的开放圆形部分相同。LED 220 晶片表面上的小丘数量为 4000(个/ cm^2),其数量等于第三实施例 LED 210d 的小丘数量。

在向通过圆柱形塑料封装(直径为 5mm)成型的 LED 220 施加 20mA 的电流时,LED 220 以 5.4cd 发射亮光,其值为第二传统实施例 LED 200 的 3 倍高。

根据第一至第四实施例的 LED 110、120、210、220 中每一个都具有含 In 的 p-AlGaInAs 电流扩散层,使得 In 从 p-AlGaInAs 盖层向外的扩散得到有效抑制,由此可以将小丘数量设置为根据传统实施例的 LED 200 的小丘数量的十分之一,并且 LED 110、120、210、220 中每一个的亮度可以设置得比根据传统实施例的 LED 200 高两倍或更高。

尽管已经参照附图、结合其优选实施例完整介绍了本发明,应注意,各种其它的改动和调整对于本领域技术人员是显而易见的。在不脱离所附权利要求的基础上,这些改动和调整应包括在如上面说明书和所附权利要求所介绍的本发明的范围内。

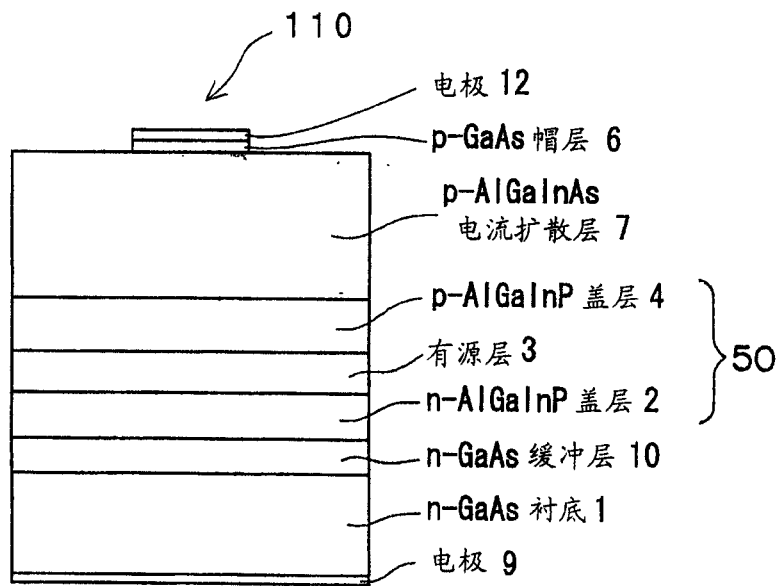


图 1

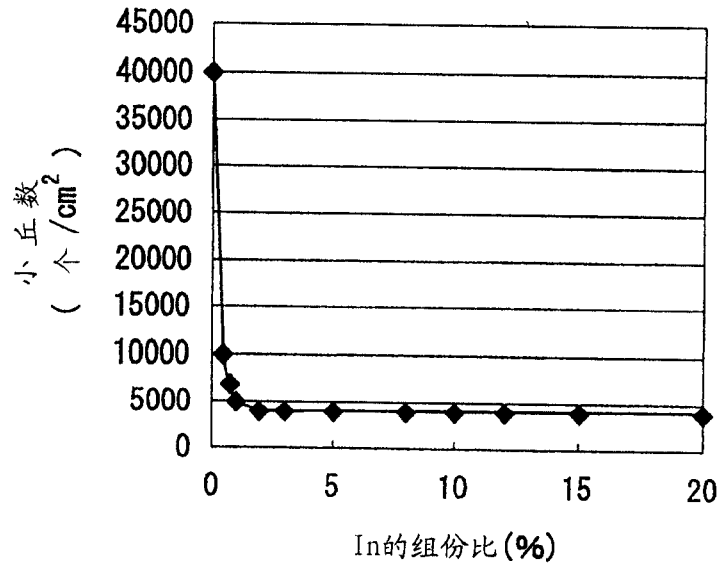


图 2A

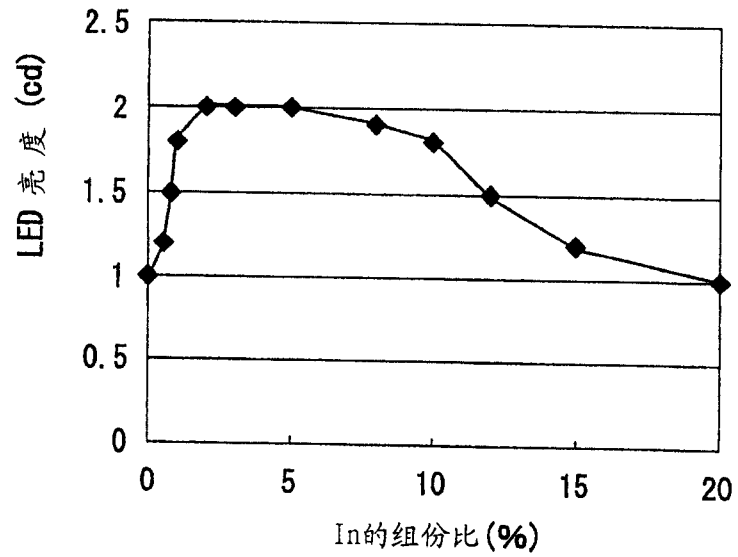


图 2B

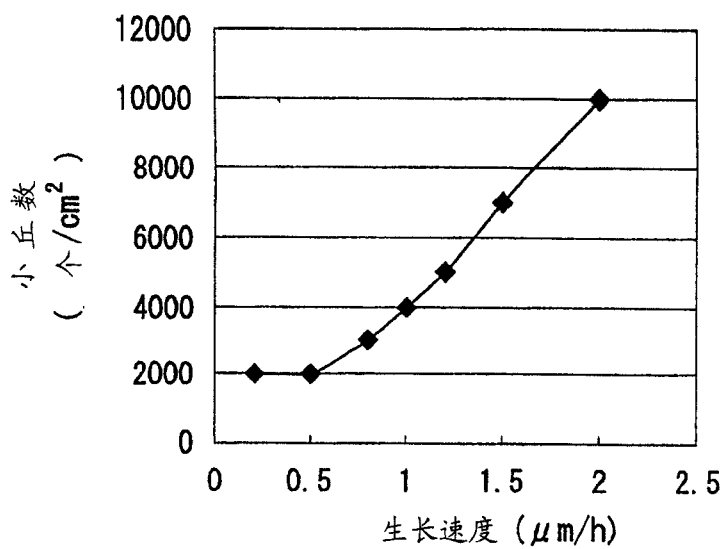


图 3A

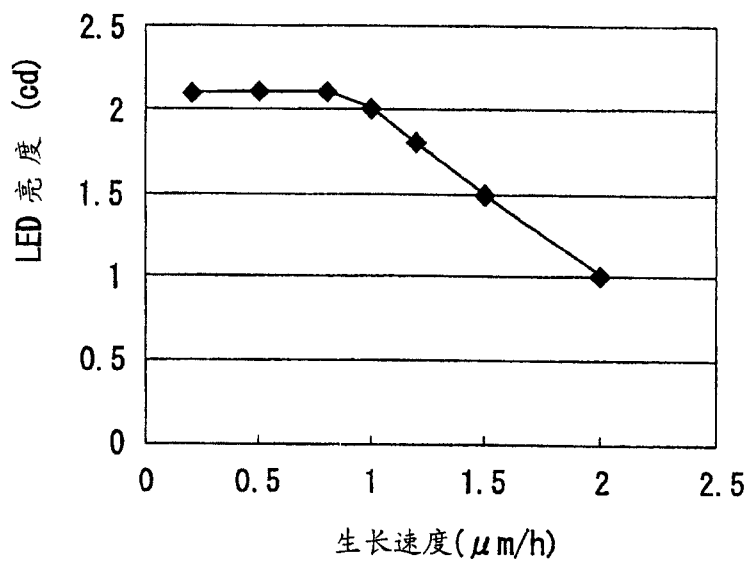


图 3B

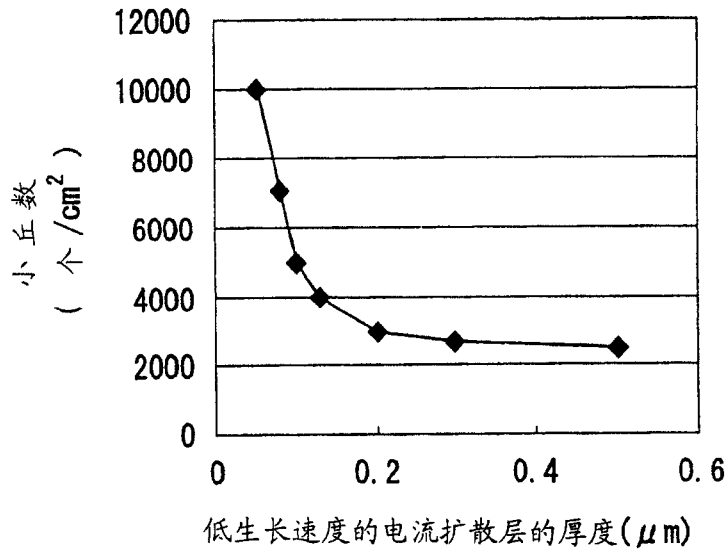


图 4A

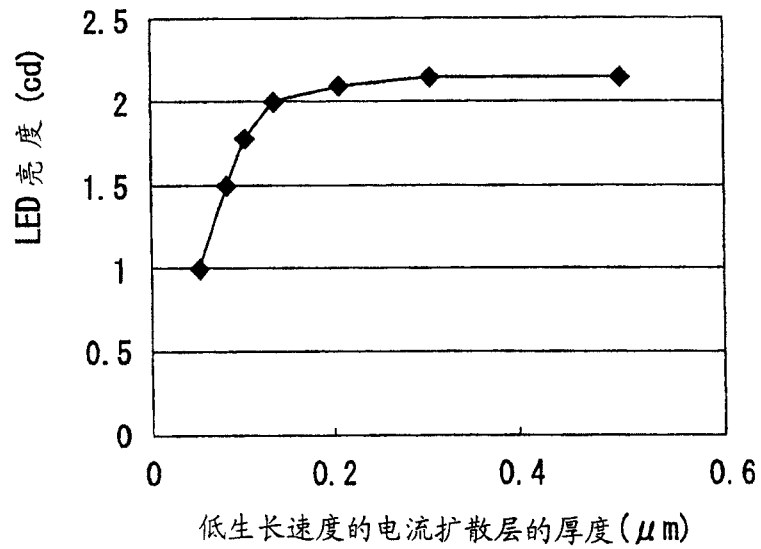


图 4B

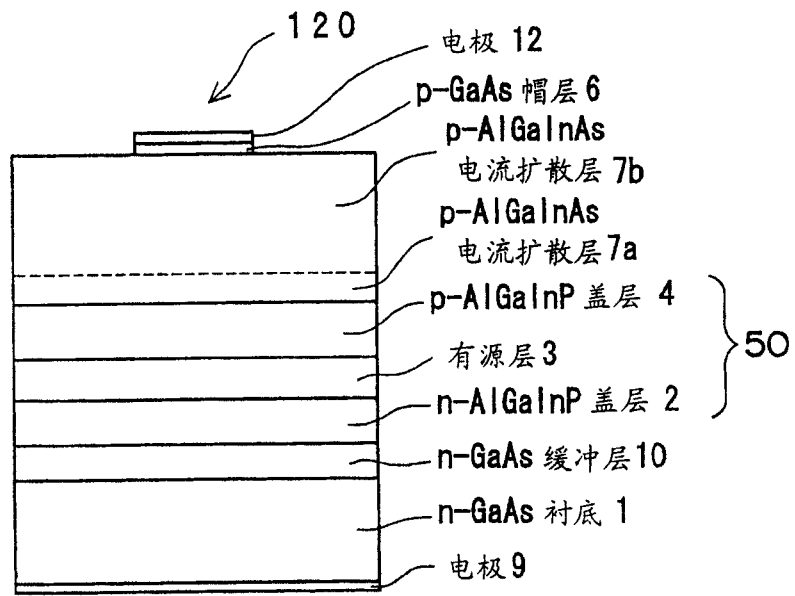


图 5

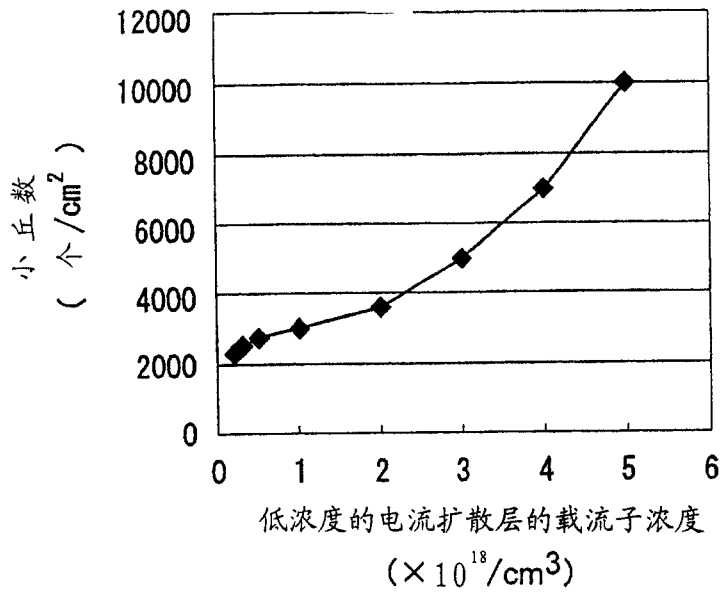


图 6A.

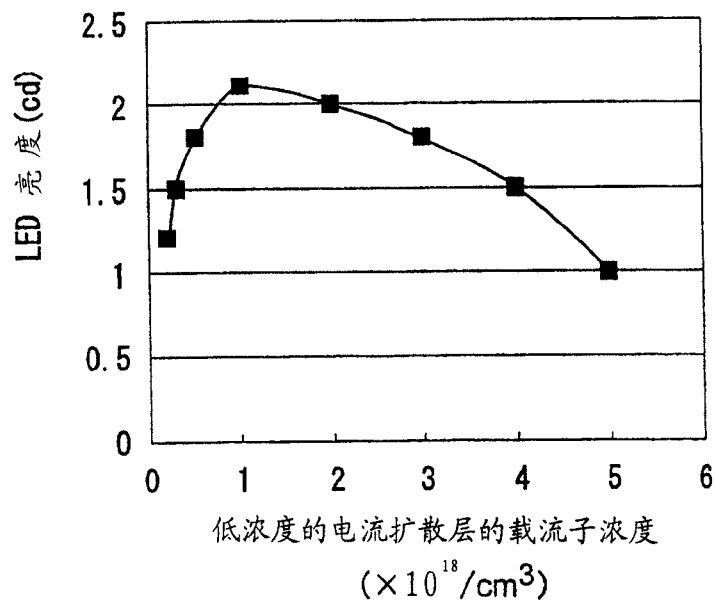


图 6B

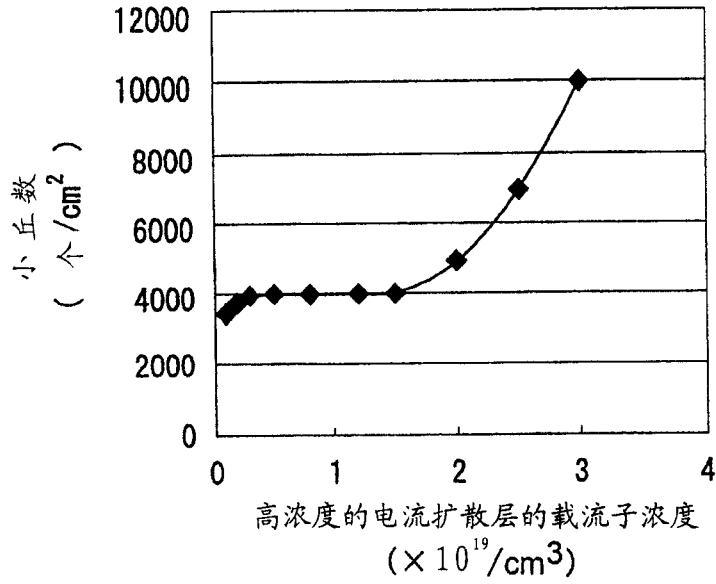


图 7A

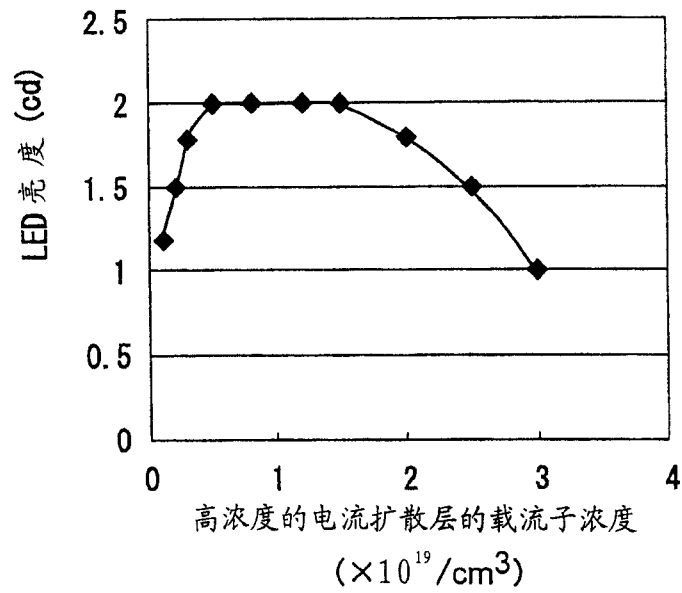


图 7B

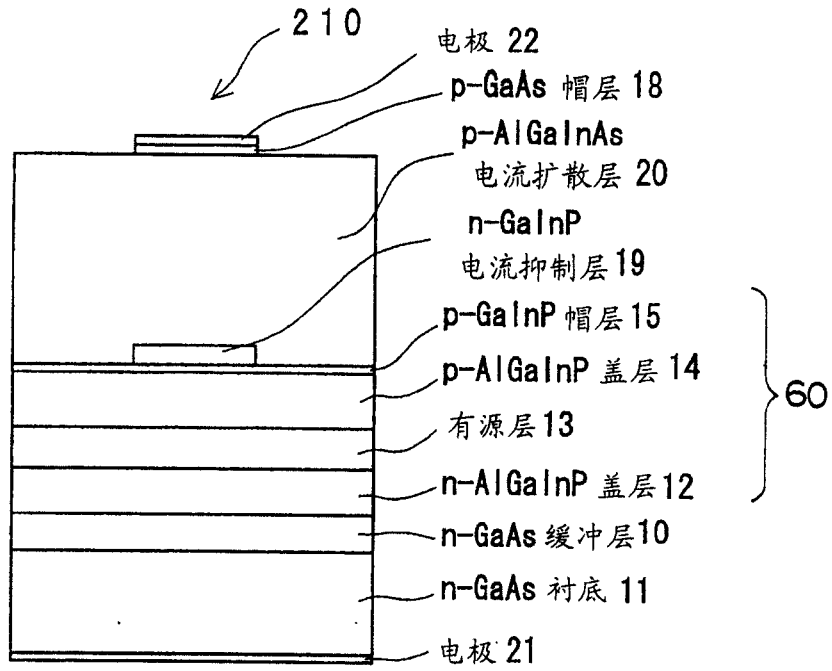


图 8

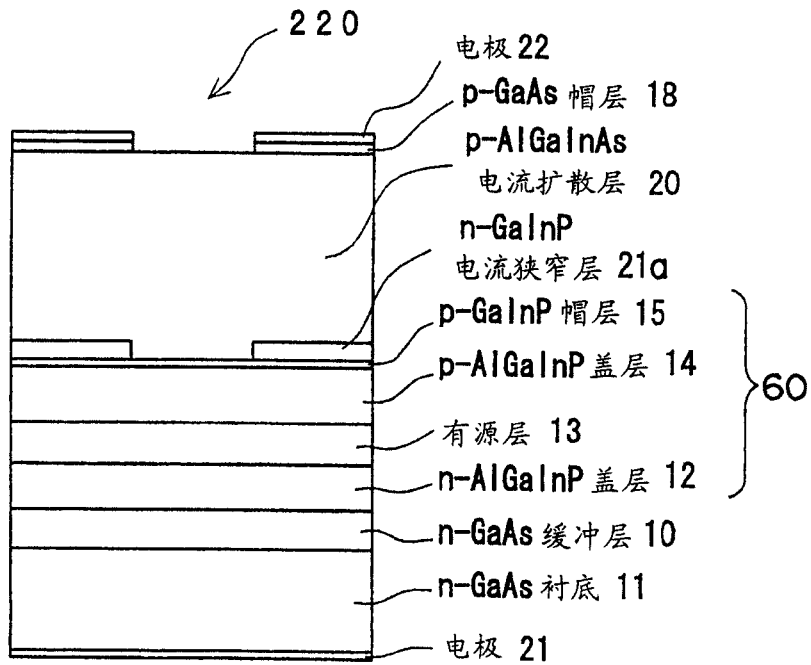


图 9

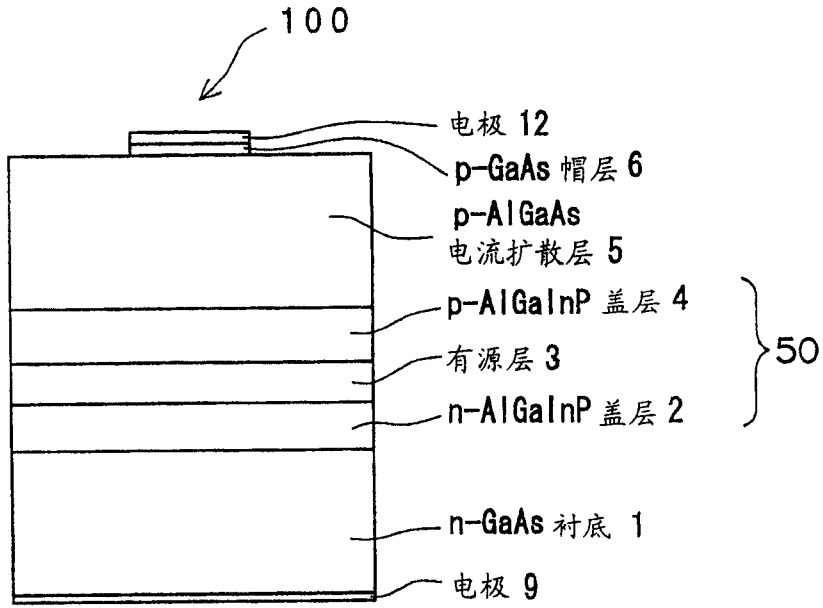


图 10

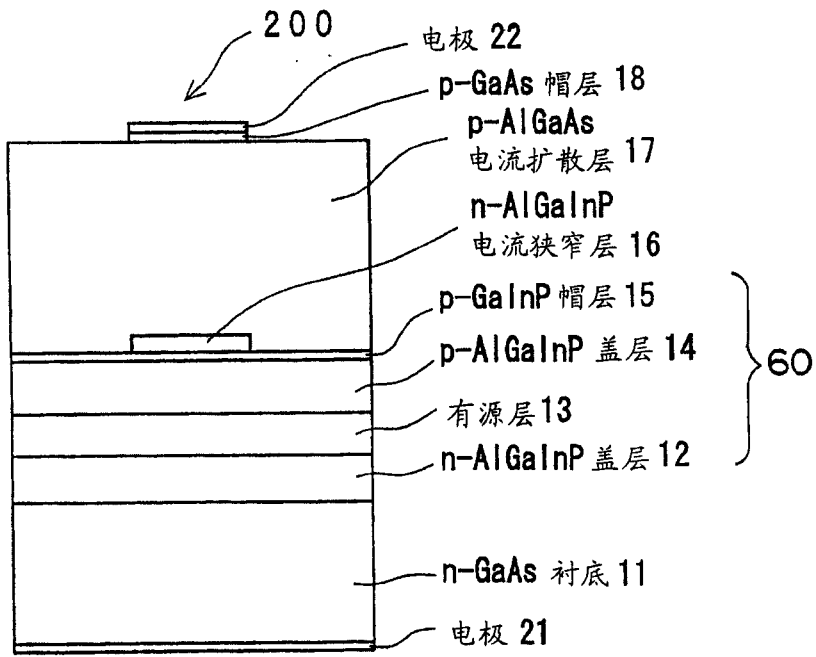


图 11